

Aspects technologiques du lait de bovins. Conservation. Transformation

J. FAUCONNEAU
CEYRAT (FRANCIA)

RESUME - La conservation et la transformation constituent deux éléments essentiels de la chaîne laitière dont les enjeux nutritionnels et économiques sont considérables. La chaîne laitière se caractérise au niveau de la consommation par les habitudes alimentaires et des contraintes nutritionnelles et diététiques. Au niveau de la production, le lait produit par les ruminants est une denrée fragile dont il faut stabiliser les composants nobles. C'est le but de la transformation qui peut être fermière, artisanale ou industrielle. Si dans les deux premiers cas le lait est utilisé tout de suite après la traite, il faut collecter et stocker le lait avant traitement industriel, d'où la nécessité de prévoir une chaîne du froid. De nombreux progrès technologiques permettent d'améliorer la collecte et la transformation. Ce sont les traitements thermiques qui doivent être efficaces et aussi économiques que possible l'utilisation du lait reconstitué-l'ultracentrifugation et diverses techniques de valorisation du lactosérum et de production d'enzymes. La réussite de la filiale «lait transformé» nécessite la synergie de tous les acteurs de la chaîne alimentaire.

Mots-clés: Bovins, collecte, conservation, technologie, traitement thermique, ultra centrifugation.

ABSTRACT - «*Technological aspects of cattle milk. Conservation - Processing*». Conservation and processing are the two basic elements in the milk chain where nutritional and economic factors are at stake. The milk chain is characterized at consumption level by feeding habits and nutrition and diet constraints. At production level, milk produced by ruminants is a fragile commodity which essential components must be stabilized. This is the purpose of processing that can be accomplished at farm, artisan or industrial level. If in the first two cases milk is used immediately after milking, industrial processing requires collection and storage needing therefore refrigeration facilities. Technological progress permits to improve collection and process-ing. The various heat treatments should be as efficient and economical as possible —use of reconstituted milk— ultracentrifugation and diverse implementation techniques of lactoserum and enzyme production. The success of the «processed milk» line requires the synergy of all the elements in the food sequence.

Key words: Cattle, collecting, conservation, tecnology, heat treatment, ultra centrifugation.

Introduction

La conservation et la transformation constituent deux éléments essentiels de la chaîne laitière qui va de la production à la consommation en passant par la traite, le stockage, la collecte, la transformation et le commerce.

Les enjeux nutritionnels et économiques sont considérables tant au niveau du consommateur que du producteur de lait. Les régions qui possèdent un passé laitier doivent développer leurs potentialités de fabrication en rapport avec les habitudes alimentaires des consommateurs. Les laits pasteurisés posent des problèmes de contrainte difficiles à surmonter en pays chauds: absence de chaîne du froid dans les magasins et chez les consommateurs. Les laits stérilisés coûtent cher; en revanche, les fromages et les laits fermentés (yaourts, etc.) peuvent être produits facilement dans des installations peu coûteuses qu'il est possible d'adapter aux contraintes locales.

Les impératifs et les problèmes des différents éléments de la chaîne seront analysés, puis les technologies nouvelles utilisables dans les transformations seront présentées: traitements thermiques, utilisation des poudres de lait en com-

plement du lait produit localement, utilisation des membranes, les enzymes et micro-organismes, enfin les méthodes d'amélioration du lait de fabrication.

Les impératifs des éléments de la chaîne laitière

Consommation

A) *Habitudes alimentaires:* Dans le contexte socio-culturel des régions à tradition laitière, beaucoup de produits laitiers sont consommés sous forme de fromages et laits fermentés: En kilo/an/habitant, Grèce: 20; France: 20; Italie: 15; Espagne-Portugal: 5 à 6; Yougoslavie: 6,5; Turquie: 4 à 5; Egypte: 5.

B) *Problèmes nutritionnels:* Les produits laitiers contiennent: des protéines d'excellente qualité tant digestive que métabolique, du calcium assimilable, des facteurs d'absorption des minéraux (calcium, fer, magnésium), des vitamines B2, A, E, D, etc. Dans les régions consommant des produits

laitiers, ceux-ci apportent 5 à 7 g. de protéines/jour, soit 30 à 50% des protéines animales consommées, la plupart sous forme de produits transformés (fromage, lait fermenté).

Les recommandations de la commission CNERNA Alimentation dans les P. V. D. prévoit, pour l'Afrique du Nord, un apport quotidien de 70 g. de protéines dont 17,5 g. de protéines animales, les produits laitiers fourniraient 7,7 g., soit 44% des protéines animales.

C) *Problèmes diététiques*: Les fromages et les laits fermentés sont bien tolérés par les populations mal absorbant le lactose (DILLON); par ailleurs, il faut souligner les effets probiotiques des laits fermentés.

La production du lait

Le lait est produit par les ruminants (bovins en particulier) qui transforment les protéines végétales en protéines animales avec un bon rendement: 20 à 25% comme dans le cas des poulets et des poules pondeuses; de plus, les ruminants consomment des fourrages qui ne concurrencent pas directement l'homme (comme c'est le cas pour le poulet); par ailleurs, l'amélioration de la productivité des ruminants grâce à un meilleur fonctionnement du fermenteur rumen, permet d'accroître la consommation d'aliments grossiers et, ainsi, une production laitière plus élevée; ces animaux assurent une production de viande associée, très appréciée dans les cuisines traditionnelles.

Le lait est une denrée fragile qui doit être traité rapidement pour stabiliser ses composants nobles (protéines, matières grasses); la chaîne du froid ne peut être assurée, la stérilisation coûte cher, ce qui conduit à privilégier la transformation du lait en fromage ou lait fermenté dans les régions où la tradition existe. Ces produits sont fabriqués par des industries locales disposant de professionnels fromagers ayant un savoir-faire ancestral. Il faut introduire des technologies adaptées (avec formation des fromagers) en préservant au mieux les caractéristiques et l'originalité des produits.

La transformation du lait

Il existe différents types d'unités de transformation en rapport avec les systèmes de productions:

1. A la ferme.
2. Artisanale au village (fruitières du Jura).
3. A l'usine.

Les types 1 et 2 utilisent le lait immédiatement après la traite, le lait peut être apporté par les producteurs, les produits sont destinés à des marchés locaux. Le type 3 exige un système de stockage du lait refroidi et une collecte organisée; l'usine fabrique des produits adaptés au marché urbain en particulier.

Les coopératives d'élevage sont concernées par:

1. Le type d'unité de transformation (2 ou 3).

2. Les produits fabriqués et leur marché dans le contexte des traditions locales.

3. Le problème des coûts de stockage et de collecte.

4. La qualité des produits en rapport avec différentes utilisations (lait nature, différents types de fromages, lait fermenté). La qualité du lait à l'usine est le résultat d'une chaîne de soins dont chaque maillon est essentiel pour obtenir un lait qui, au moment de son utilisation, ne doit pas contenir plus de 106 germes/ml. AUCLAIR, 1984.

Quels produits pour quels marchés?

Il faut distinguer deux types de régions:

1. Les régions avec passé laitier qui possèdent des traditions de production et de transformation en produits traditionnels (fromage, lait fermenté, etc.): il s'agit d'exploiter et d'améliorer les différentes fabrications.

2. Les régions sans passé laitier pour approvisionner les villes: on peut envisager différents types de fromages: fondus, feta, frais acides à 35% de matières sèches avec sel; il faut tenir compte des conditions de conservation (température, durée) permises par les équipements ménagers, du pouvoir d'achat et des habitudes socio-culturelles.

Il ne faut pas développer à tout prix la consommation de produits laitiers même chez les jeunes enfants récemment sevrés (DILLON); les femmes doivent allaiter le plus longtemps possible les jeunes enfants et les aliments de sevrage doivent tenir compte des habitudes alimentaires des parents: les légumineuses potagères bien cuisinées peuvent suppléer en partie aux produits laitiers, en les associant aux poissons et aux oeufs.

La conservation, la collecte et le transport (aux usines)

On admet que le lait provient d'animaux sains indemnes de maladies transmissibles (brucellose, tuberculose, etc.). S'il n'y a pas de possibilité de refroidissement après la traite, il faut impérativement transformer rapidement le lait en fromage ou en lait fermenté, à la ferme ou au village, le transport doit avoir lieu après chaque traite et le fromager peut jouer un rôle décisif dans la formation des producteurs afin d'obtenir un lait propre de qualité (hygiène de la traite, nettoyage des ustensiles bidons, etc.).

Dans le cas d'unités de production associées à une usine, l'hygiène lors de la traite et le refroidissement immédiat du lait s'impose cependant que le stockage au froid (2 à 4°) ne peut excéder 48 h. (Cf. Commission CNERNA-AUCLAIR). La thermisation immédiate après la traite (suivie de refroidissement) serait un procédé d'avenir pour l'obtention d'une matière première de qualité; elle pourrait être associée à l'ultra-filtration en concentrant le lait (x 2) en éléments nobles (protéines et matières grasses); la moitié du lactose et de l'eau éliminés sont distribués aux vaches laitières (MAUBOIS).

Lors du transport, le lait propre, refroidi à $+2^{\circ}$ doit être maintenu à basse température en évitant le mélange avec du lait chaud ou plus ou moins pollué. Il faut assurer le nettoyage et la désinfection des matériels de stockage (tanks) et de collecte (cannes suceuses).

À l'arrivée à l'usine, le lait doit être pasteurisé et sa conservation ne doit pas excéder 24 h. avant fabrication. On peut envisager une phase de maturation du lait (avant fabrication).

Pour améliorer la qualité du lait, celui-ci doit être payé d'après sa composition en protéines et en matières grasses, en rapport avec ses qualités bactériologiques. Ce paiement à la qualité incitera les différents acteurs concernés à agir en parfaite synergie en tenant compte des expériences des pays européens avec les adaptations nécessaires aux conditions particulières de chaque pays et régions.

Les progrès technologiques et la transformation

Les laits fermentés (yaours, etc.) et les divers fromages (fondus, frais, feta, domiati, etc.) pourront bénéficier de progrès technologiques adaptés aux modes de fabrication spécifiques de chacun d'entre eux.

Les traitements thermiques

Ceux-ci doivent être économiques et efficaces. Sauf le cas du lait traité à la ferme, la pasteurisation sera systématiquement appliquée: 72° 15 se. ou 63° , 30 mn. Celle-ci réduit le nombre de microorganismes en détruisant spécifiquement les bactéries pathogènes non sporulées. Les conséquences technologiques de ce traitement sont connues: (HERMIER, CERF 1984) augmentation du temps de prise et du temps de durcissement du coagulum, diminution de la rigidité du coagulum et de son égouttage spontané. On sait recouvrer les propriétés initiales du lait par addition de Chlorure de Calcium avec modifications des conditions d'empresurage: augmentation de la température et diminution du PH. L'ultrafiltration est un moyen pour annuler les effets du chauffage.

Utilisation de lait reconstitué ou reconstitué

Depuis quelques années, grâce aux travaux poursuivis à l'École d'Industrie Laitière de Mamirolle (LABLEE), on sait fabriquer certains fromages laits fermentés à partir de lait reconstitué, employé seul ou en mélange avec du lait frais. Cette technique permet de pallier les insuffisances temporaires de production laitière (sécheresse, etc.) et de s'adapter aux marchés (augmentat de la demande lors de certaines fêtes religieuses et en périodes de tourisme).

D'après le Codex Alimentarius, le lait *reconstitué*

correspond à un mélange de lait écrémé en poudre et d'eau auxquels on ajoute de la matière grasse laitière anhydre (M.G.L.A.) ou du beurre ou de la crème pour obtenir un produit ayant la composition du lait frais. Le lait *reconstitué* correspond à un mélange de lait entier en poudre et d'eau afin d'obtenir le même produit.

Pour la fromagerie, il est préférable d'utiliser le lait reconstitué pour des raisons:

1. Techniques: la cohésion du caillé est meilleure.

2. Economiques le lait écrémé en poudre et la MGLA se conservent plus d'un an à la température ambiante, alors que le lait entier en poudre ne se conserve que 6 mois à une température inférieure à 15° .

La conception de la technologie de fabrication des fromages à partir du lait reconstitué diffère peu de celle utilisant le lait frais, si on dispose de poudre «low heat». Avec une poudre de qualité ordinaire, les procédés de fabrication ont été adaptés pour quelques types de fromages en respectant certaines exigences: la teneur en matières grasses ne doit pas dépasser 45%, il est nécessaire d'ajouter du phosphate monocalcique pour les fromages à pâte molle et à pâte pressée demi-dure; des appareillages spécialisés ont été mis au point, par exemple ceux de la firme TRICLOVER.

A) *Fromages à pâte molle*: les auteurs recommandent l'emploi de ferments concentrés lyophilisés et l'acidification lactique ne doit démarrer qu'après une exsudation suffisante du sérum.

B) *Fromages blancs à 35% d'extrait sec*: on utilise l'ultra-filtration, le PH d'empresurage est de 6,2 à 35° . Le fromage obtenu par UF de lait reconstitué sans phosphate monocalcique a une structure très lisse après centrifugation.

C) *Fromages à pâte pressée demi-dure*: en utilisant le procédé de coagulation STENNE HUTIN 13 modifié, on obtient, sans décaillage des grains de caillé, grâce à l'utilisation d'un appareillage spécifique de mélanges de lait reconstitué concentré et d'eau chaude.

D) *Matières premières à 0% de matière grasse pour fromage fondu*: des fabrications à partir de lait en poudre écrémé de qualité ordinaire ont été obtenues par mélanges instantané de lait reconstitué empresuré à froid et d'eau chaude, grâce à un appareillage spécifique, l'ajout de sels de calcium permet de résoudre les problèmes de fonte en assurant une bonne coagulation; l'extrait sec du fromage, en sortie de presse, est de l'ordre de 35%.

E) *Utilisation des poudres de retentats*: celles-ci sont obtenues par UF; elles contiennent des quantités plus importantes de protéines (50% au lieu de 33%), ce qui diminue d'autant les pertes de lactose dans le lactosérum et donc la pollution. Les poudres de retentat constitueront, à l'avenir, une solution élégante, pour les fabrications de certains fromages, mais, actuellement, les poudres ne sont pas encore standardisées et leurs qualités doivent être appréciées par un test de fromageabilité (LABLEE).

Modification de la teneur en protéines du lait

Depuis longtemps on maîtrise la teneur en matières grasses du lait grâce à l'écrémeuse; plus récemment, on a cherché à maîtriser la teneur en protéines des laits de fromagerie avec un double but: rationaliser les fabrications et améliorer le rendement en fromage du lait traité en incorporant une partie des protéines solubles perdues dans le lactosérum. Diminuer la pollution due au lactosérum. Différents procédés sont utilisables:

A) *Enrichissement en caséines et caséinates* utilisés comme la poudre de lait écrémé (La CEE, en 1980, a autorisé l'addition de protéines dans les laits, dans la limite de 5 g. par litre, à l'exclusion des fromages à appellation d'origine.

B) *Enrichissement en protéines de lactosérum dénaturées*: les traitements thermiques à une température supérieure à 80° dénaturent partiellement les lactoprotéines, mais le procédé Centri-Whey (ALFA LAVAL) permet de récupérer les lactoprotéines pour la fabrication de certains fromages: le lait de protéines obtenu, a une teneur en matière sèche de 15% dont 5% de lactose; il est incorporé dans le lait avant la pasteurisation, la récupération des lactoprotéines atteint 92% et le rendement de fabrication des fromages est accru de 10 à 14%. WESTFALIA utilise la thermo sensibilité des lactoprotéines à PH acide dans le procédé, «Thert» développé en fromagerie de pâte fraîche à caille lactique lissé (MAUBOIS, 1984). L'augmentation de rendement est de 10%.

Utilisation de l'ultrafiltration

L'utilisation des membranes a été développée dans le procédé MAUBOIS-MOQUOT-VASSAL (M.M.V.). Les membranes sont des filtres moléculaires avec des porosités de 1 à 10 nm., l'ultrafiltration du lait conduit à deux fractions:

a) Celle qui traverse la membrane appelée «perméat ou ultrafiltrat», contient toutes les petites molécules: lactose (0,8 nm.), sels minéraux solubles, l'azote non protéique; le perméat est un lactosérum sans protéines.

b) Celle qui est retenue par la membrane appelée retentat qui a la composition de préfromage liquide. Les teneurs en protéines (et en matières grasses) s'élèvent proportionnellement à la quantité de perméat recueillie à partir du volume de la traite; elles constituent le facteur de concentration: x 2 pour les fromages à pâte fraîche, x 5 pour les pâtes molles, x 7 pour le gouda (Cf. schéma 1).

Le préfromage liquide qui a pu êtreensemencé en levains lactiques est traité par la présure; on obtient ainsi un fromage ayant la composition et la dimension définitive du fromage désiré, qu'il s'agit de faire murer par un adaptation originale du procédé.

Le fromage contient la totalité des lactoprotéines (β lactoglobulines, α lactalbumines, immunoglobulines), les

finies de caséine et le caséinomacropéptides (résultant de l'action de la présure sur la caséine K), solubilisé à 80% et normalement entraîné dans le lactosérum. L'économie de présure atteint 75%.

Les membranes constituent l'élément clé de l'U.F.: Celles utilisées actuellement sont à base de polymère polysulfonique résistant à une température de 72° et à un PH de 2 à 12. Leur durée de vie est inférieure à un an. Depuis quelques années, il est apparu des membranes minérales à base d'oxyde de zirconium sur base graphite (mise au point pour l'enrichissement de l'uranium). Ces membranes possèdent de très bonnes stabilités-thermiques-chimiques-mécaniques ce qui permet leur utilisation pendant une longue durée en fromagerie sans colmatage.

Le procédé MMV a été appliqué rapidement pour les fromages à forte teneur en eau (pâte fraîche coagulée) ou à technologie simple (fêta danois 100 MT/an). La faible qualité organoleptique de ce fêta a conduit à proposer une variante de fabrication permettant l'obtention d'un fêta à texture convenable: la préfromage est obtenu à une concentration intermédiaire (x 2 à 3 au lieu de x 5); un équipement de coagulation a été développé tant par ALFA LAVAL que par PASILAC. Comme il subsiste un égouttage de lactosérum, l'augmentation de rendement est plus faible, mais la qualité correspond mieux à celle recherchée par les consommateurs.

Le procédé MMV est au point pour les fromages à pâte molle (camembert), ainsi que pour les fromages à pâte fraîche lissée. Le développement du procédé est associé à la mise en place de nouvelles fromageries, en effet, le procédé conduit à une simplification radicale de la technologie en réduisant les investissements mais en utilisant des matériels spécifiques (non utilisés en fromagerie classique).

A) *Standardisation de la teneur en protéine du lait*: Le procédé UF est appliqué au lait de fromagerie pour obtenir une teneur constante en protéines (38 g/l. à 45 g/l.). Ceci permet d'utiliser les installations existantes en optimisant leur rendement (par heure de travail) sans augmenter beaucoup le rendement en fromage (par litre de lait), par suite d'une faible rétention des lactoprotéines (10 à 20%). Trente usines sont équipées en France, le coût d'investissement correspond à trente centimes par litre pour un gain de 6 points de protéines.

L'augmentation de concentration en protéines peut être obtenue par addition de lactoprotéines provenant d'ultrafiltration; celles-ci doivent être préalablement dénaturées par la chaleur pour être utilisées en fromagerie classique. On peut aussi les ajouter à l'état natif dans des conditions extrêmement précises pour obtenir leur rétention dans le fromage par «effet d'imbibition» du réseau paracaséine par le lactosérum enrichi en protéines (CZULAK, 1982).

B) *Récent développement dans la fabrication du Domiati*: En Egypte, ce fromage est fabriqué à partir du lait de buffesse ou de lait de vache ou du mélange des deux. Ce fromage est riche en sel (5%) ajouté au lait de fabrication. Il peut être stocké quelques mois à la température ambiante. L'application de l'UF a été le fruit de la collaboration entre

l'Égypte et la France respectivement le Professeur ABD EL SALAM et J. L. MAUBOIS. La diminution de rendement de l'UF traitant du lait préalablement salé a conduit à saler de préférence le retentat (ce qui exige une parfaite asepsie du module d'UF). Les auteurs ont étudié les effets de l'acidification, du traitement thermique (75° 160 sec.) et de l'homogénéisation (30 et 60 kg./cm²) sur la viscosité du produit de l'UF (x 5). Des schémas de fabrication ont été expérimentés (Cf. tableau 2): de gauche à droite, la texture change, on passe d'une pâte tartinable à une structure très ferme. Pour éviter le développement des champignons, on utilise un saumure de CL NA 5%. Les pertes de poids (10%) après trente jours à température ambiante, diminuent fortement sous l'effet des traitements thermiques ou par une acidification plus faible (A. AL KHAMY, 1987). (Schéma 3).

Les techniques de valorisation du lactosérum

Le lactosérum contient des protéines et du lactose qui constituent respectivement 9-13% et 60-80% de la S. totale. 20% des protéines laitières sont ainsi perdues en fromagerie classique.

Le lactosérum est d'abord utilisé en alimentation animale (veaux, vaches laitières et porcs) ce qui évite la pollution, mais les protéines de lactosérum présentent des propriétés technologiques originales (en sus de leur grande valeur nutritionnelle): rétention d'eau, pouvoir émulsifiant dans une grande gamme de PH (pouvoir moussant. Les procédés de purification des lactoprotéines utilisés sont la précipitation par la chaleur avec leur dénaturation (procédé Centriwey et Thermo) et les séparations sur membrane (UF et osmose inverse). 75% du parc actuel de membranes est affecté au traitement des lactosérum. Les procédés à membranes permettent d'obtenir des poudres plus ou moins enrichies en protéines (33-55%); elles contiennent aussi un peu de matières grasses.

L'obtention de protéines purifiées (85-90%) exige la chromatographie sur colonne de spherosil. Le procédé est couteux et les produits obtenus sont destinés à la diététique thérapeutique ou utilisés comme substituts d'additifs.

Le lactose (glucose+galactose) est un excellent aliment pour la flore microbienne du rumen, il peut aussi être hydrolysé par voie biotechnologique utilisant la lactase immobilisée. Le lactose hydrolysé présente des avantages nutritionnels et technologiques: la solubilité plus élevée permet d'atteindre 75% de M. S., ce qui lui confère la stabilité à la température ambiante, le pouvoir sucre est accru (60 au lieu de 30% par rapport au saccharose), le galactose est un bofixateur d'arômes. Le lactose hydrolysé est bien utilisé par les humains mal absorbant le lactose.

L'exemple français de valorisation très diversifiée des constituants du lactosérum constitue un modèle de convergence réussie entre les exigences des nutritionnistes, les intérêts des industriels et les revendications des écologistes.

Microorganismes et enzymes

Les fabrications de produits laitiers utilisent beaucoup de microorganismes et, en particulier, des bactéries lactiques. La mise au point de levains concentrés congelés (un levain est un mélange de souches adaptées à une fabrication donnée) a permis l'ensemencement direct dans les cuves de fabrication. Il faut posséder un procédé de conservation qui assure le démarrage immédiat de l'acidification lactique (après l'ensemencement). Les levains lyophilisés semblent très préférables; il s'agit de maîtriser l'acidification en liaison avec la coagulation et la synérèse du coagulum. Le procédé a été aussi développé pour l'acidification des laits fermentés (yaourts, etc.).

L'utilisation de levains lactiques (associés ou non à des microcoques protéolytiques) est proposée pour obtenir une bonne maturation des laits conservés 72 heures au froid de fromagerie. L'affinage des fromages est lié au développement d'un ensemble de microorganismes qui jouent un rôle déterminant sur la texture, l'arôme et, éventuellement la couleur des fromages. La microflore d'affinage est constituée d'un mélange de bactéries, de levures et de moisissures, variable en fonction des fromages fabriqués. Des améliorations ont été apportées dans la définition des caractéristiques technologiques des souches commerciales, mais la sélection génétique classique n'a pas apporté de grandes innovations. Le génie génétique devrait fournir les outils nécessaires à l'obtention de souches mieux adaptées aux besoins de la fromagerie.

Pour coaguler le lait, on utilise traditionnellement la présure extraite de la caillette du veau; les préparations ont été standardisées; des «substituts», enzymes protéolytiques à activité coagulante, sont commercialisés; ils présentent des inconvénients: diminution du rendement en fromage par suite d'un découpage prématuré des protéines de caille, profil d'activité différent de celui de la présure en fonction du PH et de la température, ce qui conduit souvent à des fromages amers. Deux voies sont actuellement explorées:

1. Améliorer les procédés de purification d'un enzyme microbien pour accroître son activité et sa stabilité.
2. la pepsine de boeuf est un meilleur substitut de la présure que celle de porc initialement préconisée.

D'autres enzymes sont utilisés par l'industrie laitière: la lactase permet d'hydrolyser le lactose dans de nouveaux produits laitiers. Le lysozyme qui inhibe la croissance des bactéries butyriques (apportées par les ensilages). De protéases ajoutées lors de la maturation du lait pour stimuler le développement de certaines souches de bactéries lactiques.

Du nouveau dans les effets probiotiques des laits fermentés (Yaourts, etc.)

La F.A.O.-O.M.S. 1977 a défini les yaourts (ou yoghourts) «comme un lait coagulé obtenu par fermentation

lactique acide due à *Lactobacillus bulgaricus* et à *Streptococcus Thermophilus*, du lait pasteurisé ou non (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extraits secs) avec ou sans addition de poudre de lait écrémé...».

Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants. Les deux germes sont symbiotiques: *L. Bulgaricus* stimule le développement de *S. Thermophilus* en libérant des peptides actifs de la caséine. Ces germes sont sensibles aux antibiotiques.

Le yaourt permet l'absorption du lactose chez les sujets mal absorbants grâce à la lactase qu'il contient. La production de substances antimicrobiennes a été démontrée. Les effets positifs du yaourt disparaissent par thermisation: destruction de la lactase en particulier.

L'introduction de quantités importantes (10^9) de *Bifidobacterium* renforce les effets positifs du yaourt classique: effet inhibiteur sur *Escherich Coli* enterotoxique (en culture de cellules), action hypocholestérolémiante (rat., homme), action antitumorale (culture de tissus). Les produits au *Bifidobacterium* (mis au point au Japon) sont considérés dans ce pays comme facteurs de santé et d'intégration sociale (12).

Amélioration des qualités microbiologiques des laits destinés à la transformation

A) *Élimination des bactéries par bactocentrifugation* est surtout utilisée pour éliminer une partie des butyriques (*Clostridium Thyrobutyricum*).

B) *Élimination par écrémage statique*: celui-ci est utilisé en fabrication traditionnelle (grana), le lait contient des immunoglobulines capables d'agglutiner les bactéries aux globules gras sur lesquels elles sont en partie fixées. L'efficacité dépend du pouvoir agglutinant du lait et de l'utilisation de récipients spéciaux (bas) en douze heures, on élimine 92 à 99% de la flore totale et 84 à 92% des clostridia. Le procédé a été préconisé en fabrication d'emmental, mais la crème doit être traitée par U.H.T. avant d'être réincorporée.

C) *Nitrate*: c'est le nitrate qui est efficace contre les butyriques: 10 à 100 ppm. suffisent contre 2 à 5% de nitrate. Les doses restantes dans le fromage sont faibles (5 mg./kg. dans le Gouda); les composés nitrate et nitrite se retrouvent dans le lactosérum, ce qui peut poser quelques problèmes pour leur utilisation en alimentation animale; pour éviter cet inconvénient, on ajoute le nitrate en solution dans l'eau, non plus au lait mais au caillé, en fin d'égouttage, ce qui contribue à ne contaminer qu'une faible partie du lactosérum.

D) *Peroxyde d'hydrogène-catalase*: l'eau oxygénée est un agent bactéricide et bactériostatique, il permet d'améliorer

la qualité bactériologique des laits de fabrication (le traitement n'est pas autorisé en France). L'eau oxygénée de qualité alimentaire (sans métaux lourds) ne doit être diluée qu'au moment de l'utilisation. Après traitement, l'eau oxygénée résiduelle est détruite par la catalase: le temps d'action doit être assez long pour assurer la destruction totale de l'eau oxygénée résiduelle (qui générerait le développement des levains lactiques). Afin de ne pas modifier la technologie fromagère, on doit utiliser des quantités faibles d'eau oxygénée (1%) pendant un temps limité (30 mn. à 50°): le traitement détruit les Coliformes mais aussi les bactéries propioniques ce qui nécessite leur réensemencement.

E) *Formaldéhyde*: Ce composé (non autorisé en France) est utilisé pour limiter la prolifération microbienne au cours de l'écrémage statique (grana en Italie et domiati en Egypte), à la dose de 20 à 45 ppm.; le formaldéhyde exerce une action bactériostatique sur la flore totale; il inhibe fortement les coliformes mais il a peu d'effet sur les bactéries protéolytiques et les spores de *Clostridium* sans favoriser le développement des bactéries lactiques. Les quantités de formaldéhyde retenues dans les fromages ne représentent que 1% des quantités utilisées.

F) *Nisine et levains inhibiteurs*: certaines souches de *S. Lactis* produisent un antibiotique, la Nisine, relativement thermorésistante et active contre les gram + dont d'ailleurs les autres bactéries lactiques. La nisine (non employée en thérapeutique), est utilisée dans les fromages fondus (autorisée en France) pour lutter contre le gonflement provoqué par les butyriques. L'utilisation est délicate pour les autres fromages car il y a des risques d'inhibitions des bactéries lactiques thermophiles.

Les bactéries lactiques producteurs d'eau oxygénée exercent une action inhibitrice vis à vis des butyriques (en cours d'expérimentation).

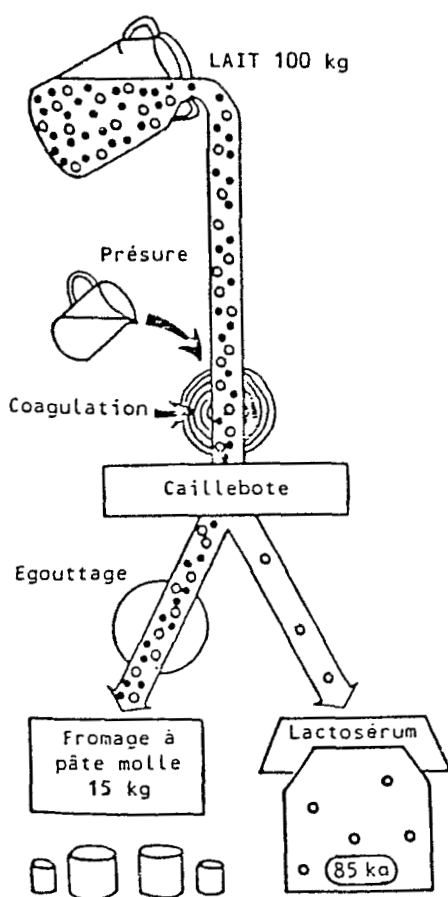
Conclusion

La réussite économique de la filière «lait transformé» dans les différentes régions exige la synergie des efforts de tous les acteurs de la chaîne alimentaire, afin de satisfaire les exigences du marché en produits de plus en plus diversifiés.

Si la structure coopérative est retenue, il faut associer les coopératives de transformation à celles d'élevage qui assurent la production du lait. Le problème des prix est très important: il faut payer au producteur le lait à la qualité, à un prix suffisamment attractif pour développer la production. L'achat de matières premières (poudre de lait écrémé, matières grasses laitières anhydres, poudre de retentat) sur le marché international permet de compléter les productions locales et d'abaisser le prix de vente au consommateur des produits banalisés qu'il a l'habitude de consommer: fromages, laits fermentés.

SCHEMA 1 (10)

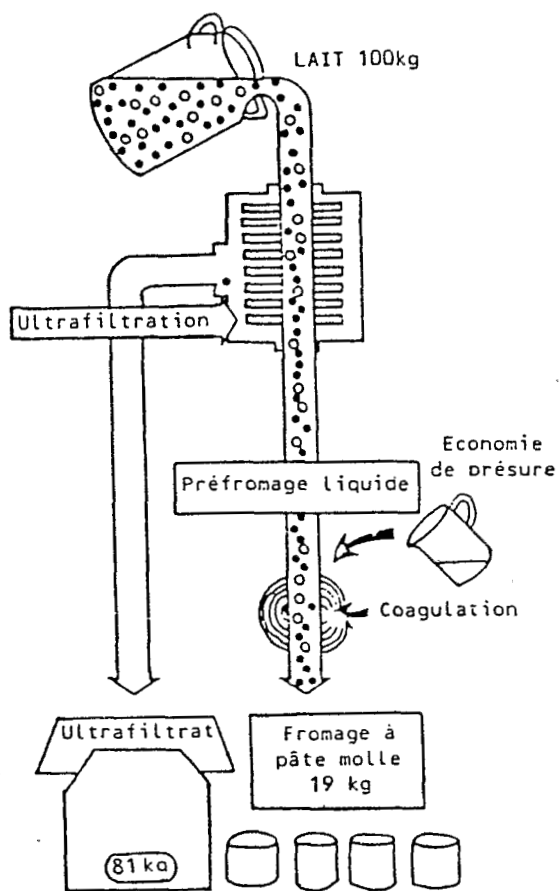
SYSTEME TRADITIONNEL



Une partie des protéines, éliminée avec le lactosérum, est perdue pour l'alimentation humaine.

Perte de protéines et de matières grasses.

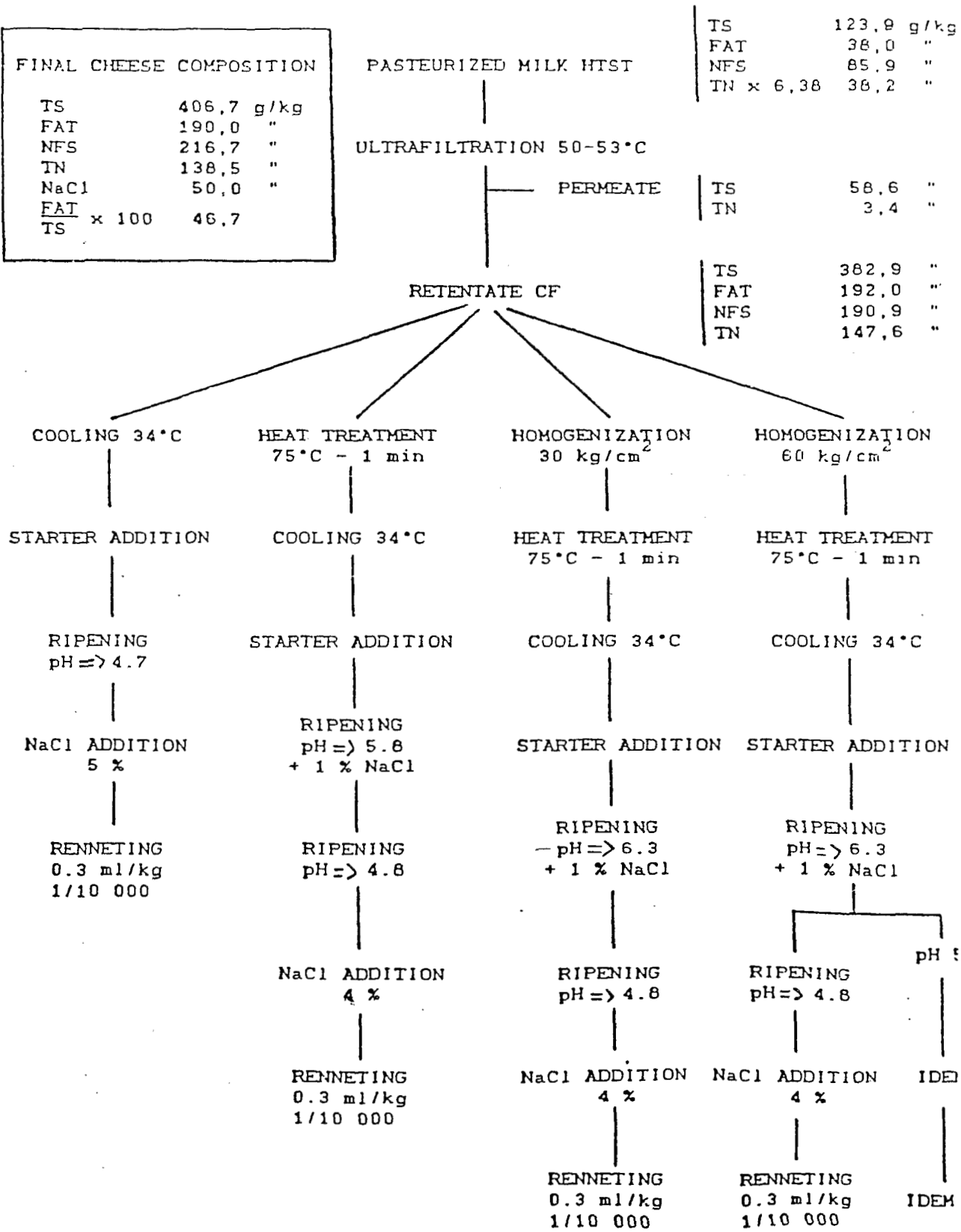
SYSTEME MMV (Brevet INRA, Maubois, Mocquot et Vassal)



Rendement augmenté. Régularité du poids des fromages vendus à la pièce. Toutes les protéines sont transformées en fromage d'ou meilleure valorisation du lait.

SCHEMA 2 (1) DOMIATI CHEESE

FINAL CHEESE COMPOSITION	
TS	406,7 g/kg
FAT	190,0 "
NFS	216,7 "
TN	138,5 "
NaCl	50,0 "
FAT	
TS x 100	46,7



TS	123,9 g/kg
FAT	38,0 "
NFS	85,9 "
TN x 6,38	38,2 "

TS	58,6 "
TN	3,4 "

TS	382,9 "
FAT	192,0 "
NFS	190,9 "
TN	147,6 "

SCHEMA 3 (1)

CHEESE LOSSES WEIGHTS DURING RIPENING EXPRESSED IN % OF THE WEIGHT OF ORIGINAL CHEESE

	No Heat Treatment						Heat Treatment: 75° C-2,5 mn.						Heat Treatment: 75° C-5 mn.					
	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%	pH	%
0 days	6,2	0,0	5,65	0,0	5,16	0,0	6,18	0,0	5,66	0,0	5,18	0,0	6,18	0,0	5,59	0,0	5,16	0,0
30 days	4,79	11,9	4,64	8,5	5,02	+2,4	4,91	1,9	4,96	4,2	5,15	+1,8	5,00	1,5	4,90	2,4	5,25	+2

Bibliographie

AL KHAMY, A.; DUCRUET, P., MAHAUT, M., and MAUBOIS, J. L. (1987): *New aspects of ultrafiltration of milk for cheesemaking*, Colloque. Le Caire.

AUCLAIR, J. (1987): «Conservation du lait à la ferme, collecte et transport aux laiteries» dans *Le lait, matière première de l'industrie laitière*, p. 231, INRA CEPIL.

BERGERE, J. L. (1984): «Substances auxiliaires de fabrication ajoutée au lait des fromageries» dans *Technique et documentation Lavoisier*, p. 181. *Le fromage*.

CZULAK, J. (1982): *Brevet australien n.º 1682/81*.

DESMAZEAUD, M. (1987): «La maturation du lait et le développement des bactéries lactiques» dans *Le lait, matière première de l'industrie laitière*, p. 315, INRA CEPIL.

HERMIER, J., et CERF, O. (1984): «Traitements thermiques» dans *Le fromage*, p. 149, Technique et documentation Lavoisier.

HERMIER, J. (1988): *Communication personnelle*.

LABLEE, J. (1984): «Utilisation de lait recombiné ou reconstitué» dans *Le fromage*, p. 400, Technique et documentation Lavoisier.

LENOIR, J., et VEISSEYRE, R. (1987): «Coagulation du lait par la présure et correction des laits de fromagerie» dans *Le lait, matière première de l'industrie laitière*, p. 329, INRA, CEPIL.

MAUBOIS, J.L. (1984): «Modification de la teneur en protéines du lait de fabrication» dans *Le fromage*, p. 157, Technique et documentation Lavoisier.

MAUBOIS, J.L. (1987): «La standardisation des protéines du lait, perspectives d'évolution» dans *Le lait, matière première de l'industrie laitière*, p. 303, INRA Cepil.

JOURNEE D'ETUDE BIFIDOBACTERIUM ET SANTE, fevr. 1987, Monte Carlo.