

LE POINT SUR LES MINI-LAITERIES

Transformer le lait en fromage, beurre, yaourt... est une des meilleures façons de le conserver et de le valoriser. Jusqu'à mille litres de lait par jour, les unités artisanales disposent d'un large choix de matériel ; c'est aussi le cas de l'industrie laitière classique au-delà de 15 000 litres par jour. Entre les deux se situe un vide technologique partiel. Pourtant les projets de mini-laiteries se situent précisément dans cette fourchette sont nombreux dans les pays en développement, mais leurs promoteurs sont relativement démunis face à une offre technologique peu abondante et dispersée.

En faisant le point sur les mini-laiteries, les auteurs ont voulu rappeler l'intérêt de ce type de petite industrie (produits adaptés, technologies maîtrisables par de petits entrepreneurs, adaptation aux structures de la production laitière), présenter une gamme de produits et de procédés envisageables, introduire enfin les matériels disponibles et des éléments pour leur sélection.

De nombreux diagrammes de fabrication, une présentation des équipements proposés par les industriels (incluant leur coût), l'étude de quelques cas, font de ce dossier un guide précieux pour les promoteurs de projets laitiers.

UP-DATE ON MINI DAIRIES

Make cheese, butter, yoghurt, etc., is one of the best ways to preserve and up grade milk. For up to 1000 liters of milk per day, small scale unit have a wide choice of equipment. The same holds true for the conventional dairy plant that handles over 15,000 liters per day. A partial technological vacuum exists between these two levels of production. Nevertheless, there are numerous mini dairy projects in developing countries that fall into the 1000 to 15,000 liter range. The promoters of these projects find themselves faced with a short supply of widely scattered technology.

In writing « up-date on Mini Dairies », the authors wanted to recall the advantages of this type of small industry (well-adapted products, technology accessible to the small businessman and adaptability to dairy production structures), to present a range of feasible products and processes, and to present available equipment and materials.

Numerous production diagrams, a list of equipment offered by manufacturers (including costs) and a few case studies make this an excellent guide for dairy project promoters.

ACTUALIZACIÓN ACERCA DE LAS MINILECHERÍAS

Transformar la leche en queso, mantequilla, yogurt, etc., son algunas de las mejores formas de conservarla y de revalorarla. Los talleres artesanales que procesan hasta mil litros de leche por día, disponen de una amplia variedad de materiales, al igual que la clásica industria lechera que procesa más de 15 000 litros por día. Entre estos dos tipos de producción encontramos un vacío tecnológico parcial. Sin embargo, son muchos los proyectos de minilecherías que se sitúan precisamente entre estas dos alternativas en los países en desarrollo. A pesar de ello sus promotores se encuentran relativamente despojados, debido a la escasa y dispersa oferta tecnológica que encuentran a su alcance.

En : Actualización acerca de las minilecherías, los autores han querido subrayar la importancia de este tipo de pequeña industria (productos adaptados, tecnologías fáciles de manipular por parte de los pequeños empresarios, adaptación a las estructuras de la producción lechera), presentar toda una gama de productos y de procedimientos posibles y finalmente, introducir los materiales disponibles y los elementos que hay que tomar en cuenta para seleccionarlos.

Numerosos diagramas de fabricación, una presentación de equipos propuestos por los industriales (incluyendo su costo) y el estudio de algunos casos, hacen de este expediente una preciosa guía para los promotores de los proyectos lecheros.

O BALANÇO SOBRE AS MINI-LEITERIAS

Transformar o leite em queijo, manteiga, yogourte... é uma das melhores maneiras de conservá-lo e de valorizá-lo. As unidades artesanais dispõem de uma grande escolha de material, até mil litros de leite por dia, também é o caso da indústria leiteira clássica acima de 15 000 litros por dia. Entre as duas existe um vazio tecnológico parcial. No entanto, os projetos de mini-leiteirias se situam precisamente nesta faixa são numerosos nos países em desenvolvimento, mas seus promotores são relativamente desarmados diante de uma oferta tecnológica pouco abundante e dispersa.

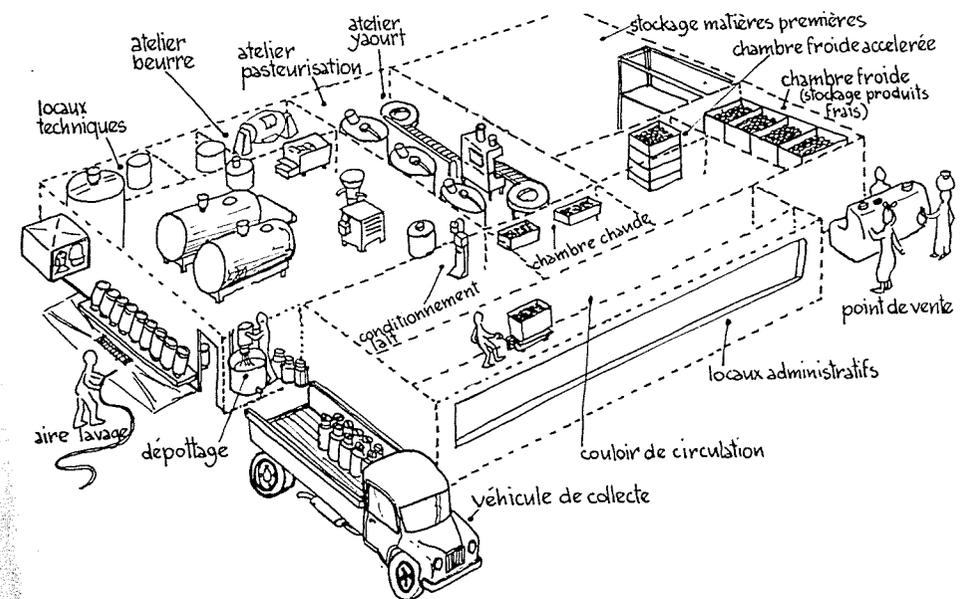
Fazendo o « Balanço sobre as mini-leiteirias », os autores quiseram chamar a atenção para o interesse desse tipo de pequena indústria (produtos adaptados, tecnologias domáveis por pequenos empreendedores, adaptação às estruturas da produção leiteira), apresentar uma gama de produtos e de procedimentos concebíveis, introduzimos enfim os materiais disponíveis e os elementos para sua seleção.

Numerosos diagramas de fabricação, uma apresentação dos equipamentos propostos pelos industriais (incluindo sem custo), o estudo de alguns casos fazem desse « dossier » um precioso guia para os promotores de projetos leiteiros.

DOSSIER N°9 LE POINT SUR

LES MINI LAITERIES

PETITES UNITES INDUSTRIELLES DE TRANSFORMATION DU LAIT



GRET

Ouvrages déjà parus dans la collection « Le Point Sur »

- DOSSIER N° 1 — Les éoliennes de pompage (1984) 60 F
- DOSSIER N° 2 — La transformation des fruits tropicaux (1984) 40 F
- DOSSIER N° 3 — L'extraction des huiles végétales (1984) 40 F
- DOSSIER N° 4 — La construction de citernes (1984) 40 F
- DOSSIER N° 5 — Les harnais pour la traction animale (1984) 40 F
- DOSSIER N° 6 — Briques et tuiles (1985) 40 F
- DOSSIER N° 7 — Techniques d'impression à coût modéré (1986) 60 F
- DOSSIER N° 8 — Le séchage solaire des produits alimentaires (1986) 60 F

Ces ouvrages sont tous disponibles au GRET (ajouter 10 F par titre pour frais de port en Europe, 15 F par titre pour port hors d'Europe).

GRET, 213, rue La Fayette, 75010 Paris, France. Tél. : (1) 42.39.13.14.

LES MINI LAITERIES

PETITES UNITES INDUSTRIELLES
DE TRANSFORMATION DU LAIT

Décembre 1986

Ce dossier a été conçu et rédigé par Michel JACQUINOT

REMERCIEMENTS

Je tiens à apporter ici mes plus sincères remerciements à tous ceux qui ont collaboré à la réalisation de ce document :

- Florence ALIN, ingénieur INA Pg qui a réalisé la plus grande partie de la recherche documentaire
- tous les spécialistes de technologie laitière qui, convaincus de l'intérêt d'un tel ouvrage, ont eu la gentillesse de lire avec attention la première épreuve de ce document et d'y apporter des compléments judicieux et multiples.

Citons :

M. le Professeur LENOIR, responsable du département "Sciences et Lait" à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon

M. J.-C. LAMBERT, spécialiste des produits laitiers, FAO-Service de la viande et du lait

M. Hugues MAZA, spécialiste de technologie laitière

M. Georges MADY, directeur export ALFA-LAVAL, département élevage

M. Bernard BATAILLE, diplômé ENIL, spécialiste de technologie laitière, société PIERRE GUERIN

M. B. HUGUIES, directeur de la Fédération des Coopératives Laitières du Massif Central

M. G. MOUSSIE, technicien du Comité Interprofessionnel des Fromages

M. DUROS, spécialiste de technologie laitière, GEERE SA

M. J.-L. VOISIN, responsable commercial, ACTIMON SA

M. F.-X. MARQUIS, ingénieur ENSIAA, spécialiste de génie alimentaire

M. F. BADIA, diplômé ENIL

et M. A. LARRETURE, ingénieur ENSIAA, directeur technique Société GEM.

A tous, un très très grand merci

Michel JACQUINOT

AVERTISSEMENT

La promotion de petites entreprises constitue le champ d'action de la Cellule "Petites Industries" du GRET et notre équipe collabore notamment à divers projets de création et de développement de petites agro-industries rurales au Mexique, en Haïti, au Rwanda, au Congo, aux Comores, ...

Lors de nos missions sur le terrain, nous avons constaté :

- 1) que les germes de petites unités agro-industrielles abondent dans les pays en voie de développement et qu'il y a là un gisement remarquable de vitalité économique et de développement rural. Toutefois dans la grande majorité des cas, ces projets ne dépassent pas le stade de l'intention, faute de méthode et d'information : la présence de matière première et la volonté d'entreprendre ne suffisent pas ;
- 2) que parmi les projets les plus fréquemment rencontrés, figurent les minilaiteries. Un élevage laitier qui se développe et ne trouve pas de débouchés, une demande nutritionnelle locale mal satisfaite, un gaspillage de matières premières... débouchent fréquemment sur l'opportunité d'installation d'un atelier de transformation laitière.

C'est pourquoi nous avons décidé de consacrer un dossier "LE POINT SUR" aux minilaiteries. Ce document se présente comme la compilation et l'organisation de toutes les informations susceptibles de guider et d'éclairer les choix technologiques préalables à la conception d'une mini-laiterie.

Ce document s'adresse donc surtout aux professionnels et praticiens chargés de traiter ces questions de transformation industrielle du lait. Nous espérons ainsi les aider à concevoir des unités qui, par leur taille et leur mode de fonctionnement, soient adaptées aux conditions spécifiques d'une implantation en zone rurale.

Puisse-t-il jouer ce rôle et contribuer ainsi aux processus de décentralisation du développement industriel, par la création de petites agro-industries rurales.

Pierre PARIS
Cellule Petites Industries

INTRODUCTION	7
1. UNE MINILAITERIE : POURQUOI FAIRE ?	9
1.1 Pourquoi une laiterie ?	10
1.2 Pourquoi une minilaiterie ?	12
2. LES PRODUITS LAITIERS : CARACTERISTIQUES ET MODES DE FABRICATION	17
2.1 Les grandes catégories de produits	20
2.2 Les grandes catégories d'opérations	20
2.3 Les procédés de fabrication	21
3. LES EQUIPEMENTS POUR MINILAITERIES	57
3.1 Les équipements pour laits de consommation	58
3.2 Les équipements pour laits fermentés	73
3.3 Les équipements pour crèmes et beurres	75
3.4 Les équipements pour fromages frais	77
3.5 Les équipements pour fromages affinés	79
3.6 La cuve : équipement-clé d'une minilaiterie	83
3.7 Autres équipements et postes de l'installation	84
3.8 Les minilaiteries complètes	89
4. LA CONCEPTION D'UN PROJET DE MINILAITERIE	95
4.1 Quelques remarques préalables	96
4.2 La démarche de choix d'un projet	96
4.3 Quelques cas concrets de petites installations laitières	105
ANNEXES	113

INTRODUCTION

Les minilaiteries sont à la mode...

Dans beaucoup de pays (en particulier dans les PVD) on parle de minilaiteries, on fait des projets, on s'interroge... Les ONG, les organismes officiels de coopération, sont saisis de demandes d'information ou d'assistance technique concernant des petites unités de transformation laitière; cet intérêt, cette demande émanent d'ailleurs des interlocuteurs les plus variés : pouvoirs publics nationaux ou régionaux qui veulent développer une filière lait locale, coopératives qui cherchent une meilleure valorisation de leur production, petits investisseurs privés attirés par un marché en expansion et disposant d'une capacité de financement limitée, nutritionnistes cherchant un moyen de favoriser l'accès des populations à des produits laitiers sains et abondants, etc.

Nous avons constaté que tous ces interlocuteurs se trouvaient alors assez démunis face à l'analyse de leur projet : qu'est-ce qu'une minilaiterie ? Quelles sont les variantes possibles ? Peut-on faire du beurre, des yoghourts, du lait pasteurisé ? Quelles sont les alternatives technologiques ? etc. On butte bien souvent dans la progression de la démarche et dans nombre de cas le projet ne va pas au-delà de l'idée d'opportunité. Pourtant la demande existe : les fabricants d'équipement en sont maintenant bien convaincus, qui commencent à inclure dans leur catalogues des minilaiteries.

* * *

*

Ce document s'est donné pour mission de faire progresser dans leur démarche tous ces postulants à la minilaiterie, de les aider à dépasser le stade de l'idée, à poursuivre leur réflexion sur l'opportunité de l'investissement et à affiner leur projet.

Il s'adresse aux assistants techniques, coopérants mais aussi directement aux futurs investisseurs (responsables de coopératives, fonctionnaires de l'agriculture...) des pays intéressés : des connaissances scientifiques ou techniques ne sont donc pas nécessaires pour le consulter avec profit.

Nous ne prétendons pas ici donner des modèles quant à l'installation d'une petite unité de transformation du lait, mais plutôt des éléments de réflexion autour des axes suivants :

- pourquoi une minilaiterie ?
- quelles sont les transformations possibles et quels sont les produits fabriqués à travers le monde ?
- comment choisir le ou les produits les mieux adaptés aux conditions locales (financières, techniques, commerciales) ?
- quel matériel est nécessaire pour les différentes transformations ?
- comment choisir son équipement ?

Mentionnons enfin les limites de ce document :

- manque d'exhaustivité : nous avons procédé par analyse bibliographique, consultation de techniciens, de conseillers d'organismes de développement, de constructeurs de matériel et de centres techniques spécialisés. Cette enquête a essentiellement été réalisée en France et ne prend donc pas en compte l'ensemble des matériels et des systèmes de transformation disponibles dans le monde (les principales technologies sont toutefois abordées).

Nous encourageons le lecteur à chercher par ailleurs des informations locales spécifiques : équipements localement disponibles (production locale ou d'importation), technologies utilisées, etc. De

façon plus générale, nous suggérons une lecture dynamique, une lecture active de ce document : le lecteur doit essayer d'interpréter les informations en fonction de son propre projet ou au moins de son propre contexte local.

- nombre limité de cas concrets : nous ne ferons référence qu'à quelques cas concrets de minilaiteries; nous souhaitons diffuser parallèlement à ce document des monographies succinctes de minilaiteries existant dans le monde et demandons à

tous de nous aider à alimenter cette rubrique.

Le présent ouvrage doit être considéré comme une première contribution du GRET à l'analyse du problème minilaiterie.

Nous espérons que ce travail initial vous incitera à nous faire part de vos expériences. Vos suggestions, vos critiques, le récit de vos réalisations seront les bienvenus pour l'enrichissement de la prochaine édition de cet ouvrage.

I. UNE MINILAITERIE : POURQUOI FAIRE ?

Cette question peut en fait se subdiviser en deux :

- pourquoi une laiterie ?
- pourquoi une minilaiterie ?

La première fait référence à l'opportunité de la transformation du lait. Les motivations peuvent être d'ordres très variés : nutritionnel (améliorer l'alimentation des populations), économique (accroître le revenu des producteurs agricoles, créer des emplois...), financier (générer des profits...)

La seconde fait référence au type d'installation et en particulier à son échelle. Minilaiterie ou production artisanale ? Minilaiterie ou unités industrielles moyenne ou grande ? Quel est le système le plus performant, le moins coûteux en capital, etc. ?

Dans ce premier chapitre, nous aborderons successivement chacune de ces deux questions.

1.1	POURQUOI UNE LAITERIE ?	10
1.1.1	Un développement laitier tardif dans les P.V.D.	10
1.1.2	Le lait, une matière première riche, mais fragile	10
1.1.3	Les différentes fonctions de la transformation laitière	11
1.2	POURQUOI UNE MINILAITERIE ?	12
1.2.1	Qu'est-ce qu'une minilaiterie ?	12
1.2.2	Quelle mission pour les minilaiteries ?	13

1.1. POURQUOI UNE LAITERIE ?

1.1.1. Un développement laitier tardif dans les PVD

Les activités laitières sont généralement peu développées dans les PVD et le lait n'entre souvent que de façon marginale dans la ration alimentaire de ces pays (avec bien sûr des exceptions, comme les populations nomades de l'Afrique sahélienne).

Il n'est pas de notre propos de juger de l'intérêt du développement d'une filière "lait" dans un pays ou une région, il n'existe d'ailleurs pas de réponse générale.

Nous mentionnerons seulement deux éléments d'information :

- dans la plupart des PVD, on observe des déficits nutritionnels parmi des "populations à risque" qui sont toujours les mêmes : femmes enceintes, enfants au moment du sevrage, vieillards. En général les produits laitiers offrent une solution satisfaisante à ces principaux problèmes.

Mais nous ne voulons bien sûr pas dire "qu'il suffit" de développer des filières lait locales pour en finir avec la malnutrition dans le monde. Les solutions aux famines ne peuvent évidemment pas être d'ordre purement technique.

- dans bon nombre de PVD, l'élevage laitier se développe (parfois sous la pression d'organismes internationaux) avec des variantes multiples : créations de grands élevages souvent peuplés d'espèces importées (de type HOLSTEIN par exemple), incitations diverses pour accroître la production laitière des petits éleveurs, etc. La croissance de la production amène une demande de transformation.

1.1.2. Le lait, une matière première riche mais fragile

* Le lait cru contient peu de matière sèche (environ 130g/l) et beaucoup d'eau

(environ 900 g/l).

Pour un litre de lait, la composition moyenne est la suivante :

- 900 à 910 g d'eau,
- 125 à 135 g de matière sèche, dont :
 - . 25 à 45 g de matière grasse (l)
 - . 40 à 60 g de lactose
 - . 25 à 40 g de matières azotées
 - . 7 à 10 g de matières salines.

Il contient donc les 3 types de composants dont l'homme a besoin : les lipides (matières grasses), les protides (matières azotées), les glucides (sucres) ainsi que des minéraux et des vitamines.

* Mais le lait est aussi un milieu de culture idéal pour bon nombre de micro-organismes.

Le lait peut véhiculer et favoriser le développement et la diffusion de germes pathogènes provoquant typhus, dysenterie, fièvre de Malte, tuberculose, etc...

Il contient également des micro-organismes provoquant sa propre dégradation :

- ainsi les champignons sont-ils responsables des moisissures en surface ou dans les parties aérées du produit
- les levures transforment en alcools les sucres contenus dans le lait
- les bactéries provoquent notamment une acidification du lait qui amènera sa coagulation (c'est le fameux "caillage" du lait).

L'énumération de tous ces "dangers" nous amène toutefois à formuler deux remarques plus positives :

- à la sortie de la mamelle (et malgré des conditions de traite souvent difficiles), le

(1) Dans les pays chauds, la teneur en matière grasse est généralement supérieure, dépassant 5 % pour le lait de zébu (et atteignant 8 à 13 % pour le lait de buffle). Cette richesse en matière grasse s'accompagne généralement d'un taux également élevé de l'extract sec non gras (c'est-à-dire tous les composants nutritifs non gras : dans l'ensemble, la valeur nutritionnelle du lait dans les pays chauds est nettement supérieure à celle des pays tempérés).

degré de contamination (c'est-à-dire la quantité de micro-organismes présents) est encore faible. C'est surtout lors du transport, des transvasements, du stockage, etc. que se produisent les principales contaminations

Un minimum de soin apporté au lait après la traite permettrait de réduire les apports de microbes et améliorerait donc la qualité du lait et sa durée de conservation.

Notons dès à présent que le lait des pays chauds jouit de propriétés bactériostatiques encore inexplicables : le lait des pays chauds s'acidifie moins vite que celui des pays tempérés, il coagule plus tard, bref il se conserve mieux (nous y reviendrons).

- seconde remarque : on peut aussi faire travailler les micro-organismes à notre profit en les sélectionnant, en les ajoutant au lait dans des conditions de température bien spécifiques; on transformera ainsi le lait en fromage, on donnera de l'arôme au beurre... : les micro-organismes participeront donc à la conservation et à la transformation du lait; ils constituent un composant essentiel de l'industrie laitière.

Toutefois cette action bénéfique des micro-organismes n'intervient pas spontanément : il faut sélectionner les souches et les placer dans des conditions de température appropriée. Un lait abandonné à lui-même pendant quelques jours subit plusieurs modifications qui le rendent impropre à la consommation :

- il "tourne" : il s'acidifie et coagule,
- il se contamine en bactéries pathogènes (apportées par le récipient, l'air, l'eau...) et peut ainsi être un vecteur de maladies.

La durée de vie du lait est donc très limitée (elle dépend bien sûr de la température de stockage, des conditions d'hygiène et de ses caractéristiques propres) : pour pouvoir consommer du lait au-delà de quelques jours, il importe donc de le traiter, ce qui justifie le rôle de l'industrie laitière.

1.1.3. Les différentes fonctions de la transformation laitière

* Assainir : parmi les germes présents dans

la matière première (ou plus souvent incorporés lors du transport-stockage), certains sont pathogènes et il convient de les éliminer. Notons toutefois que l'on peut s'efforcer de réduire la contamination par une meilleure hygiène.

* Conserver ou stabiliser : comme nous l'avons vu, des germes non pathogènes (encore appelés germes banaux) sont susceptibles de transformer le milieu dans lequel ils vivent. Il faut donc éviter de perdre le lait à cause d'une évolution spontanée défavorable au goût ou à la salubrité et au contraire maîtriser cette évolution en sélectionnant les germes, en les détruisant ou en modifiant le milieu de sorte que leur développement soit bloqué.

C'est cette fonction de stabilisation-conservation qui fut à la base du développement spectaculaire de la transformation laitière dans les pays européens; suivant les besoins de conservation, on développa ainsi de multiples produits allant des fromages frais aux fromages de garde (pouvant se conserver plusieurs mois et jouant le rôle de protéines de réserves au même titre que les produits de salaison).

* Faciliter le transport : pour pouvoir diffuser le lait, il peut être nécessaire de le transformer en produits dont le transport soit plus pratique. Comme nous l'avons vu, le lait est constitué de 90 % d'eau sans valeur nutritive. Sur un plan économique, il peut paraître plus intéressant de transporter des produits laitiers plus concentrés (par exemple du fromage, voire de la poudre de lait) plutôt que du lait : cela peut être particulièrement le cas lorsque les conditions de transport sont difficiles et/ou coûteuses. Citons le cas d'une entreprise laitière au Costa Rica qui dispose dans l'intérieur du pays de plusieurs unités de prétransformation du lait : dans chacune de ces unités, on fait cailler le lait et on transporte vers l'usine de la capitale un caillé égoutté qui sera alors affiné; au lieu de transporter 7 litres de lait, on transporte 1 kilo de caillé, ce qui procure de substantielles économies de coûts de transport.

* Créer de nouveaux produits, diversifier les utilisations du lait : "si vous ne buvez pas du lait, mangez-en", tel était le thème d'une campagne française pour la promotion du lait. De fait, dans beaucoup de pays (et

notamment dans les PVD), les adultes éprouvent souvent une certaine aversion pour le lait liquide mais mangent en revanche volontiers des produits transformés comme les fromages. Cette attitude peut s'expliquer par des motifs d'ordre psychologique mais aussi physiologique (intolérance à certains composés du lait comme le lactose).

La transformation du lait permet de multiplier les produits, donc les habitudes de consommation de produits laitiers, améliorant la ration alimentaire du consommateur et accroissant les débouchés pour les producteurs.

La fabrication d'un produit répond le plus souvent à plusieurs des objectifs énoncés ci-dessus.

1.2. POURQUOI UNE MINILAITERIE ?

1.2.1. Qu'est-ce qu'une minilaiterie ?

Le terme mini-laiterie est employé couramment, ce qui supposerait une définition implicite admise par la plupart des spécialistes; et pourtant, si on les interroge, on obtient des réponses très vagues et rarement concordantes.

Alors la minilaiterie existe-t-elle ? Les minilaiteries occupent-elles une vague plage dans un continuum de taille allant de l'artisanat à la très grande industrie ou au contraire correspondent-elles à des technologies bien spécifiques ?

Quels critères pourrait-on retenir pour définir la mini-laiterie ?

- le débit, exprimé par exemple en nombre de litres de lait traités par jour,

- le degré d'automatisation et de sophistication,
- le montant des investissements,
- etc...

Le concept minilaiterie correspondrait à des unités peu sophistiquées, techniquement très autonomes, employant relativement beaucoup de personnel, nécessitant peu d'investissement et traitant des quantités de lait limitées.

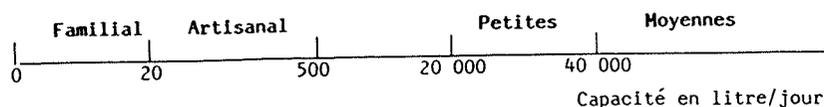
De telles installations existent-elles ?

Un survol rapide du parc de transformation laitière dans le monde nous amènerait à une classification du type suivant :

- Les équipements classiques de l'industrie laitière correspondent maintenant à des débits supérieurs à 20 000 l/jour (en France, les usines traitent de l'ordre de 40 000 litres de lait par heure).
- A l'autre extrémité du parc, on trouve des laiteries artisanales (déjà nombreuses dans certains PVD, comme l'Inde ou les pays andins), généralement orientées vers la production de fromages et qui utilisent soit des équipements familiaux ou traditionnels (en bois par exemple), soit des équipements manufacturés spécifiques (certains constructeurs s'adressent à cette clientèle particulière).
- Et entre les deux ? Entre l'artisanat et l'industrie classique, entre 500 l. et 20 000 l. de capacité journalière existe-t-il des entreprises ? Y a-t-il au contraire un no man's land ?

On pourrait presque parler de vide technologique partiel dans cette gamme d'échelle. Jusqu'à une date récente, bien peu de constructeurs proposaient des équipements adaptés aux volumes de production inférieurs à 15 000 l-20 000 l/jour et pourtant nous avons, de par le monde, visité nombre d'unités transformant entre 3 000 l. et 10 000 l. de lait par jour. Le vide technologique n'aurait donc pas induit de vide industriel.

Installations industrielles classiques



Lorsque l'on visite de telles unités industrielles, on est souvent frappé par l'hétérogénéité (et parfois l'irrationalité) des lignes qui associent des équipements de capacité et de niveau technologique très différents : simples cuves à feu ouvert utilisées pour le traitement thermique, suivies de chaînes de conditionnement automatiques (du lait pasteurisé) de type TETRA-PAK ou ELO-PAK. Dans d'autres cas, les équipements sont très rudimentaires, imposant à un personnel nombreux des conditions de travail pénibles et entraînant des consommations énergétiques importantes. Mais l'on trouve aussi des solutions locales originales directement inspirées de l'artisanat. Ainsi les technologies rencontrées dans ce créneau sont-elles très hétérogènes et directement issues soit de l'artisanat (cas le plus fréquent), soit de l'industrie : bien peu d'équipements sont spécifiquement adaptés à ce type d'entreprise. Toutefois, depuis quelques années, des constructeurs, grands et petits, proposent des matériels nommément destinés aux minilaiteries : c'est le cas d'ALFA-LAVAL, de GEERE SA, de TECLI, de PACKO, d'ACTIMONDE, etc.

En conclusion, nous pourrions retenir comme "domaine des minilaiteries" une gamme de capacités allant de 1 000 à 10 000 l/jour; les équipements utilisables sont souvent de type discontinu mais pas toujours (nous le verrons dans le chapitre consacré aux équipements). Entre 10 000 et 20 000 l/jour on se trouve à un stade hybride entre minilaiterie et petite industrie.

Il ne faut toutefois pas donner trop de valeur à ces seuils, qui dépendent en fait des types de produits fabriqués, des rythmes d'exploitation, etc.

En fait la minilaiterie correspond plus à une problématique originale, à un état d'esprit qu'à une taille bien spécifique :

- * La minilaiterie se distingue de la laiterie artisanale par :
 - un investissement plus important,
 - une gestion plus rationnelle (supposant comptabilité, amortissement, planification...),
 - une plus grande standardisation des produits.
- * La minilaiterie se distingue de la laiterie industrielle par :

- un investissement plus faible,
- des "périphériques" (laboratoire, chaudière, équipement frigorifique,...) beaucoup plus limités,
- un fonctionnement généralement plus discontinu,
- un contrôle de production moins strict fondé beaucoup plus sur l'appréciation du technicien que sur des liaisons "capteur → réaction automatisée",
- des produits moins standardisés.

On pourrait par ailleurs affiner notre analyse en créant des catégories intermédiaires :

- moins de 1 million de litres/an, soit 3 000 l/j,
- de 1,5 à 3,5 millions de litres/an, soit 5 à 10 000 l/j,
- de 5 à 8 millions de litres/an, soit 12 à 20 000 l/j.

A l'intérieur de chacune de ces catégories, il semble que les problèmes posés sont relativement semblables (au niveau technique, organisation du travail, etc.). Mentionnons enfin un facteur aussi important que la taille : l'écart de collecte entre mini et maxi; on constate de grosses différences (gestion surtout) suivant que le rapport entre la production mensuelle maximale et la production mensuelle minimale est de 4 à 1 ou bien de 1,5 à 1.

1.2.2. Quelle mission pour les minilaiteries ?

- * Un essor tardif

Les minilaiteries sont à la mode, les projets se multiplient, les revues spécialisées en parlent abondamment, les constructeurs se mettent sur les rangs. Pourquoi une telle demande (on pourrait presque parler d'engouement) et pourquoi maintenant ? On peut donner des éléments de réponse généraux et spécifiques.

- élément de réponse général : Les défauts du "grand complexe agro-alimentaire clef en main, implanté dans le Tiers Monde" ont été dénoncés par tout le monde; les

multiples usines qui ne tournent pas faute d'approvisionnement, de pièces de rechange, de rentabilité, etc. ont remis en cause un certain type d'industrialisation à l'occidentale, et au moins suscité des questions.

- élément de réponse spécifique : dans beaucoup de PVD, l'essor de l'activité laitière est récent, " venu d'en haut "; " bénéficiant " généralement de l'assistance technique de spécialistes des pays développés, les projets laitiers se sont " naturellement " orientés vers des unités de transformation classiques de plus de 20 000 l/jour. Mais l'essor laitier a aussi permis le développement d'un artisanat laitier plus ou moins informel; d'autre part, les producteurs se sont organisés et s'efforcent de suivre le modèle des coopératives européennes en transformant eux-mêmes leur production. On pourrait même parler de demande d'une industrie laitière de 2ème génération.

* Quel rôle socio-économique ?

Les minilaiteries apparaissent dans un domaine essentiellement occupé par les unités industrielles classiques et l'artisanat. A quelle place pourraient-elles donc prétendre ? Quelle solution originale doivent-elles représenter ?

Les minilaiteries doivent correspondre à un système d'accès plus facile que les unités laitières conventionnelles :

- investissement plus faible,
- équipement plus simple et plus robuste, manipulable aisément par la main-d'oeuvre locale et dont la maintenance peut également être assurée localement (il est toutefois certain qu'il n'existe pas de " conditions locales ", spécifiques de l'ensemble des PVD, et auxquelles devrait s'adapter ce type d'équipement),
- équipement relativement polyvalent, adaptable à des matières premières de qualité variable,
- produits obtenus adaptés aux conditions de conservation locales; ces conditions sont très variables d'un pays à l'autre et, plus encore, d'une zone urbaine à une zone rurale.

Tel pourrait être le cahier des charges d'une

minilaiterie. Un tel outil serait accessible à de nouveaux entrepreneurs, à de nouveaux agents économiques qui pourraient participer au développement industriel de leur pays.

* Prenons l'exemple du Mexique qui dispose d'une production laitière notable mais encore insuffisante pour satisfaire les besoins de la population; la transformation y est essentiellement assurée par de grandes entreprises publiques (LICONSA, filiale de CONASUPO) ou multinationales (CARNATION, NESTLE, DANONE...) et de multiples artisans : les producteurs n'ont guère de débouchés alternatifs et doivent donc subir les conditions d'un nombre limité de clients (grandes compagnies dans les zones laitières, quelques collecteurs et quelques artisans dans les autres zones). Pour se libérer de cette sujétion, de nombreux producteurs se sont groupés en coopératives et envisagent de transformer leur production : dans la plupart des cas que nous avons pu analyser, le volume de lait disponible s'étale entre 1 000 l. et 20 000 l/jour, c'est-à-dire typiquement la gamme de taille que nous avons assignée aux minilaiteries; l'attitude actuelle serait au regroupement de coopératives pour rassembler 20 000 l. de lait. Pourquoi ? Mais tout simplement parce que la norme universellement admise situe à 20 000 l/jour le seuil industriel !

Et l'on va s'efforcer de créer des structures de production adaptées à l'outil industriel classique; dans la plupart des cas on échouera tant il est difficile de bouleverser des structures et lorsque l'on réussira à implanter l'outil industriel, rien ne garantira son succès.

S'il était possible d'installer des minilaiteries de 2 000 l/jour à 10-15 000 l/jour, de maniement aisé et d'investissement limité, nul doute que des agents économiques nouveaux (coopératives, ejidos ou collectifs non officiels mais efficaces) pourraient participer au développement industriel. La pénétration de ces nouveaux entrants contribuerait à accroître le pouvoir de négociation de l'ensemble des producteurs et pourrait induire ainsi un développement de la production laitière.

* Nous avons parlé du Mexique mais dans bien d'autres pays le problème se pose dans

des termes analogues : c'est la structure de la production laitière qui crée la demande de minilaiterie. La minilaiterie, telle que nous venons de la définir, est un outil particulièrement bien adapté à un contexte socio-économique très fréquent dans les PVD. Cette analyse est d'ailleurs partagée par bon nombre d'experts et de constructeurs, mais certains pensent que, compte tenu de la technologie disponible, on ne peut malgré tout avoir d'unités rentables à moins de 20 000 l/jour. On paierait donc trop cher une adaptation de la technologie aux structures socio-économiques locales.

Certains de leurs arguments ne manquent pas de fondement : le pasteurisateur à plaques constitue la solution la plus efficace et la plus économe en énergie pour pasteuriser du lait; or, on ne savait pas faire de pasteurisateur à plaques pour moins de 1 000 l/h (hormis les modèles pilotes ou de laboratoire extrêmement coûteux) et un pasteurisateur de 1 000 l/h coûtait sensiblement le même prix qu'un pasteurisateur de 2 500 l/h; conclusion, on ne pouvait pasteuriser du lait de façon rentable en deçà de 2 500 l/h.

Sans nier l'intérêt de telles réflexions, on pourrait tempérer leur rigueur par les remarques suivantes :

- les équipements de " petit " débit correspondent souvent à des miniaturisations d'équipements classiques, or une miniaturisation s'accompagne généralement de déséconomies d'échelle.

D'ailleurs certains constructeurs s'efforcent de concevoir maintenant des équipements plus spécifiques; reprenons le cas de la pasteurisation : ALFA-LAVAL par exemple propose maintenant des thermisateurs à plaques MICROTHERM de 600 l/h pour 50 000 F à 80 000 F selon les options; la " valeur ajoutée électronique " y est heureusement réduite. Il s'agit d'un premier pas dans la direction "minilaiterie" mais on devrait pouvoir aller beaucoup plus loin dans l'adaptation des équipements : il faut inventer un concept "minilaiterie" spécifique et non sombrer dans le mimétisme industriel.

- la rentabilité doit s'évaluer au niveau de l'ensemble d'un système de production et pas d'une opération unitaire ou d'un élément de process : une minilaiterie

pourra largement compenser un surcoût d'investissement (rapporté à la capacité) ou une productivité technique inférieure par des économies de transport, un fonctionnement plus régulier, une plus grande polyvalence, etc.

Versons enfin trois autres pièces en faveur des minilaiteries :

- nous avons déjà parlé de l'argument socio-économique; en effet, les minilaiteries peuvent représenter un véritable vecteur de développement laitier dans certaines régions :

. dans des zones isolées dépourvues de laiteries industrielles, la minilaiterie peut relancer la production en garantissant aux éleveurs un écoulement régulier et rémunérateur de leurs produits. Bien que modestes, ces minilaiteries contribuent à l'effort entrepris par de nombreux gouvernements pour freiner l'exode rural;

. dans les "bassins laitiers" où règne le monopole d'une entreprise d'Etat, d'une multinationale, voire d'une grande entreprise régionale, l'apparition de minilaiteries peut créer une situation de concurrence à l'achat et faire progresser le prix du lait payé à l'ensemble des producteurs.

. le " système minilaiterie " peut permettre à de nouveaux types d'agents d'accéder à la transformation industrielle et de participer ainsi au développement de leur région.

- une bonne partie des équipements destinés à une minilaiterie pourrait éventuellement être fabriquée sur place : tables d'égouttage, cuves, moules et presses à fromage, etc.; on quitte le domaine du cief en main importé en totalité pour une importation limitée à quelques équipements sélectionnés (centrifugeuse, pasteurisateur à plaque, par exemple). Nous reviendrons sur ce sujet délicat dans le 3ème chapitre de ce document.

- les petites installations peuvent mieux respecter les recettes des produits traditionnels. En effet quand on augmente la taille d'une installation, on a tendance à rechercher des produits adaptables au saut technologique : on optimise le produit en fonction de l'équipement; c'est sans doute pour cela que chaque année des fromages disparaissent... (Bien sûr de

multiples " produits nouveaux " compenseraient cette disparition et il faudrait parler de rotation de gamme et non de disparition; en fait, les innovations sont souvent des " innovations marketing " correspondant à des modifications de recettes mineures transformées en " produit nouveau " par un soutien publicitaire approprié).

Donnons un exemple de soumission d'un produit à la technologie : la Féta, spécialité typique et traditionnellement traitée comme un fromage de façon discontinue avec 18 h de coagulation, 18 h égouttage... ALFA-LAVAL propose maintenant un processus de fabrication de féta en continu : on aboutit certes à un produit de même taux de matière sèche et même acidité que la féta traditionnelle, mais ce n'est pas le même produit; la féta est devenu un yaourt, ce n'est plus un fromage; sur le plan technique, on peut parler de progrès puisque l'on augmente le rendement, la productivité, on réduit le temps de fabrication... mais on ne fabrique plus de la féta.

Alors, pour ou contre les minilaiteries ?

En guise de conclusion à ce chapitre, nous formulerons les réflexions suivantes :

- le créneau 1 000 l-10 000 l/jour a été plutôt délaissé par les constructeurs de matériels; il existe peu d'équipements spécifiquement conçus pour cette gamme de taille.
- la demande d'unités de ce type existe et se justifie sur un plan socio-économique, voire politique et culturel.
- même si les " minilaiteries " figurent rarement au catalogue des constructeurs, on trouve souvent dans leurs gammes certains équipements utilisables pour des unités de petite taille. Il est donc dès maintenant possible de concevoir et d'implanter des minilaiteries avec les matériels existants (certains d'entre eux pouvant d'ailleurs être imités et fabriqués localement). Il serait néanmoins souhaitable que les constructeurs développent des gammes de matériels spécifiques (il pourrait s'agir dans certains cas de versions améliorées d'équipements adaptés aux petites et moyennes entreprises européennes d'entre les deux guerres).

Dans les chapitres qui vont suivre, nous allons maintenant passer en revue les types de produits fabricables en minilaiteries ainsi que les équipements actuellement disponibles sur le marché.

2. LES PRODUITS LAITIERS: CARACTERISTIQUES ET MODES DE FABRICATION

Dans ce chapitre nous présenterons la gamme des produits laitiers ainsi que leurs procédés de fabrication. Nous nous efforcerons à tous les niveaux d'identifier les atouts et les inconvénients de chaque produit, de chaque procédé de fabrication dans un contexte de PVD.

Dans le chapitre 3, nous décrirons les équipements actuellement disponibles en indiquant prix, capacité, conditions d'utilisation, etc.

Nous recommandons au lecteur (qu'il soit

agent de développement, conseiller ou futur investisseur) d'aborder ces deux chapitres en situant son propre projet par rapport à l'ensemble de ces données, ainsi pourra-t-il peu à peu concevoir les grandes lignes de sa propre installation (quels types de produits ? quels types d'équipement ?, etc.).

Dans le chapitre 4, il pourra affiner son analyse et son raisonnement, ce chapitre est en effet consacré à la méthodologie d'approche d'un projet industriel laitier, et au mode de conception de l'investissement.

2.1 LES GRANDES CATEGORIES DE PRODUITS	20
2.2 LES GRANDES CATEGORIES D'OPERATIONS	20
2.3 LES PROCEDES DE FABRICATION	21
2.3.1 Opérations préliminaires : collecte, stockage, standardisation	21
2.3.2 Fabrication de laits de consommation : lait pasteurisé, stérilisé, concentré	28
2.3.3 Fabrication de laits fermentés	34
2.3.4 Beurres et crèmes	36
2.3.5 Les fromages	39

LES GRANDES CATEGORIES DE PRODUITS LAITIERS

Types de produits	Composition, caractéristiques, valeur nutritive	Structure	Aptitude à la conservation	Remarques
Lait pasteurisé Lait stérilisé	Gardent pratiquement la même composition que le lait. Les vitamines et sels minéraux sont préservés (surtout en thermisation de courte durée) Le lactose n'est pas altéré (1).	Liquide; non modifié par rapport au lait cru.	On a détruit la flore pathogène (2), voire la totalité de la flore (lait stérilisé). On obtient presque le même produit mais plus sain Le lait stérilisé peut se conserver très longtemps sans chaîne du froid, ce qui n'est pas le cas du lait pasteurisé (conservation quelques jours au froid).	La stérilisation est la solution idéale mais demande des installations plus lourdes. La pasteurisation n'est pas un traitement complet mais stabilise déjà un peu le produit.
Lait concentré	Lait concentré stérile : 70 % eau 8 % MG, 22 % MS non grasses. Lait concentré sucré : 25 % eau, 9 % MG, 64 % MS non grasses, dont 42 % saccharose. Les vitamines subsistent dans un traitement bien conduit. Lactose non altéré (2)	Semi-liquide à pâteux.	Bonne conservation sans chaîne du froid. La conservation est assurée par la stérilité dans l'un des cas et par la teneur en sucre qui entrave le développement des micro-organismes dans l'autre cas	Transfert facile vers des zones isolées.
Laits fermentés Yoghourts	Un peu plus concentrés en MS que le lait; produits acides, parfois alcoolisés, mieux assimilables que le lait.	Semi-liquide à pâteux.	Faible. Ce n'est une solution que pour 2 ou 3 jours comme le lait pasteurisé. Nécessite une chaîne du froid	C'est un produit traditionnel puisqu'il résulte du processus naturel d'acidification du lait. Il est souvent apprécié dans les PVD
Beurres et crèmes (4)	Le beurre contient au moins 82 % de MG et pas plus de 16 % d'eau	Solide à semi-pâteux à basse température(crème).	La conservation au froid est bien meilleure que pour le lait pasteurisé ou fermenté.	Son intérêt dépend de la disponibilité locale en autres MG.
Fromages frais (4)	Humidité : 65 à 85 %. La déminéralisation est importante (pertes en sels minéraux). MG : variable. Salage : variable.	Pâteux à solide.	Faible, comme pour les laits fermentés Nécessite une chaîne de froid.	C'est souvent une solution simple à des problèmes de transport, une transformation rapide. Mais le problème de conservation n'est pas résolu.
Fromages affinés (4)	Au maximum 60 % d'eau. Minéralisation variable mais en général moyenne à forte. Bonne valeur nutritive car on a concentré les éléments.	Solide.	Le produit est de bonne conservation même sans chaîne du froid. Certains peuvent se conserver très longtemps (fromages de garde)	Fabrication souvent longue et nécessitant des locaux frais d'affinage et une pratique fromagère. Bonne solution de conservation, de transport, de diversification. C'est un produit qui peut s'adapter à des conditions locales. Tous les niveaux de mécanisation des ateliers sont possibles.

MG : Matières grasses
MS : Matières sèches

(1) Le lactose n'est pas assimilé par certaines populations. Dans la plupart des autres produits, il est détruit par l'acidification et/ou éliminé avec le sérum.

(2) Dans tous les produits qui arrivent à la laiterie, la destruction de la flore pathogène est réalisée par la pasteurisation.

(3) Le lait en poudre ne figure pas ici. Sa fabrication exige un matériel important inadapté à la minilaiterie.

(4) Fromages et beurres peuvent ne pas être une priorité face aux besoins en lait de certaines catégories de la population. Mais ils peuvent représenter un volant pour les périodes d'augmentation de la production.

2.1. LES GRANDES CATEGORIES DE PRODUITS

Comme le montre le tableau p. 18-19, les produits laitiers peuvent se répartir en 6 catégories :

- lait de consommation : lait pasteurisé ou stérilisé. On se rapproche le plus de la matière première initiale, que l'on stabilise pour permettre un report de consommation. De plus le traitement thermique, en détruisant la flore pathogène, procure un produit plus hygiénique.
- laits concentrés : on réduit la teneur en eau du lait, ce qui procure un aliment nutritif concentré et stockable (grâce à la stérilisation ou à l'adjonction de sucres).
- lait fermenté : le lait abandonné à lui-même s'acidifie, ce qui provoque une coagulation; le produit devient plus visqueux et change de goût (ex : yoghourt).
Attention, le lait abandonné à lui-même peut aussi subir d'autres transformations moins utiles : il peut par exemple se putréfier et devenir impropre à la consommation. Pour cette raison, il vaut mieux conduire la fermentation dans le sens souhaité (en utilisant par exemple des ferments lactiques) plutôt que de laisser faire le destin.
- beurres et crèmes : on sépare la matière grasse du lait. Ce phénomène a tendance à se produire naturellement : si on laisse du lait cru sans traitement, on observe une concentration de crème en surface (toutefois ce phénomène est progressivement perturbé par les autres évolutions : fermentation acide, alcoolique, etc.).
- fromages frais : on conduit un processus de fermentation analogue à celui des laits fermentés; mais après coagulation (caillage), on procède à un égouttage, ce qui a pour effet de concentrer la matière sèche (mais aussi de perdre les matières sèches solubles qui sont évacuées par le sérum).
- fromages affinés : on utilise comme matière première un fromage frais qui est mis en maturation (avec addition de sel et de micro-organismes) dans certaines conditions de température et d'humidité;

au cours de l'affinage, le fromage perd de l'humidité et acquiert un arôme spécifique.

Sur le plan nutritionnel, la valeur de ces différents produits n'est pas identique et ce critère peut jouer un rôle important dans le choix de la gamme d'une minilaiterie :

- le lait pasteurisé ou stérilisé conserve pratiquement la valeur de la matière première, même si le traitement thermique a un peu affecté la teneur en vitamines (de toutes façons le lait cru sera bouilli avant usage et subira donc lui aussi un traitement thermique);
- la valeur nutritive du yaourt est également proche de celle de la matière première; de plus le lactose aura subi une hydrolyse partielle en glucose + galactose (voir p.31 le " problème lactose ");
- dans le cas des fromages, on aura perdu une partie des matières grasses, des protéines et des vitamines hydrosolubles qui s'écoulent dans le sérum. En revanche, il s'agit d'éléments " concentrés ".
- tous les produits que nous venons d'évoquer sont riches en protéines et en vitamines et constituent une réponse à la plupart des problèmes de malnutrition, ce n'est pas le cas du beurre qui ne contient guère que de la matière grasse : il apporte donc beaucoup d'énergie, des vitamines liposolubles et la présence de lipides. Il existe dans le monde, notamment en Afrique de l'Est, des populations présentant des carences en Vitamine A pour cause d'alimentation pauvre en lipides : l'apport en Vitamine A est suffisant, mais faute de lipides, cette vitamine liposoluble est insuffisamment assimilée. Le beurre pourrait constituer une réponse. Mais disons qu'en général le beurre est considéré comme un produit vendu cher à la bourgeoisie locale (ce qui permet d'ailleurs d'accroître la rentabilité de la laiterie) plutôt qu'un complément nutritif destiné aux populations mal nourries.

2.2. LES GRANDES CATEGORIES D'OPERATION

Pour fabriquer les produits laitiers on dispose de deux grands types de méthodes :

1/ Stabilisation

Ce sont les micro-organismes qui sont responsables de l'évolution du lait et de sa dégradation. Pour stabiliser le lait, on peut soit détruire ces micro-organismes, ces germes, soit bloquer leur développement ou favoriser le développement sélectif de certains types de micro-organismes bénéfiques.

Mode de stabilisation	Technique
Destruction ou élimination des germes	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement thermique • pasteurisation (destruction partielle des germes) • stérilisation (destruction totale des germes) • Centrifugation : élimination des micro-organismes par séparation des germes
Blocage du développement des micro-organismes	<ul style="list-style-type: none"> • Réfrigération : à basse température, les micro-organismes se développent peu, ce qui explique que les produits alimentaires se conservent mieux au réfrigérateur • Déshydratation : les micro-organismes nécessitent pour leur développement un certain taux d'humidité; un produit sec pourra donc se conserver
Développement sélectif des micro-organismes	Par acidification contrôlée (ex fermentation des yoghourts), éventuellement par l'addition de sel et l'emploi de certaines conditions de température et d'humidité, on crée un milieu favorable aux micro-organismes bénéfiques et défavorable aux autres

2/ Séparation

La séparation obéit à deux objectifs : amélioration de la conservation et diversification des produits.

Citons parmi les opérations classiques de séparation :

- Le caillage-égouttage : par acidification et/ou action enzymatique, on provoque une coagulation du lait. On sépare ensuite la partie solide (le fromage) de la partie liquide (le sérum); cette séparation des deux phases peut s'effectuer par simple égouttage (le sérum s'écoule naturellement

à travers les perforations du moule) mais on peut accélérer le phénomène par pressage ou par centrifugation.

- L'écémage : on sépare matière grasse (crème) et matière non grasse (petit lait); on pourra ensuite réduire la teneur en eau de la matière grasse : c'est l'objet du barattage qui aboutira à la fabrication du beurre.

D'autres opérations peuvent favoriser une bonne séparation, citons :

- le chauffage qui peut permettre une élimination d'eau (évaporation) ou diminuer la viscosité d'un produit avant une opération.
- l'homogénéisation qui pourra parfaire une séparation et éviter une dissociation ultérieure des composants respectifs.

2.3. LES PROCÉDES DE FABRICATION

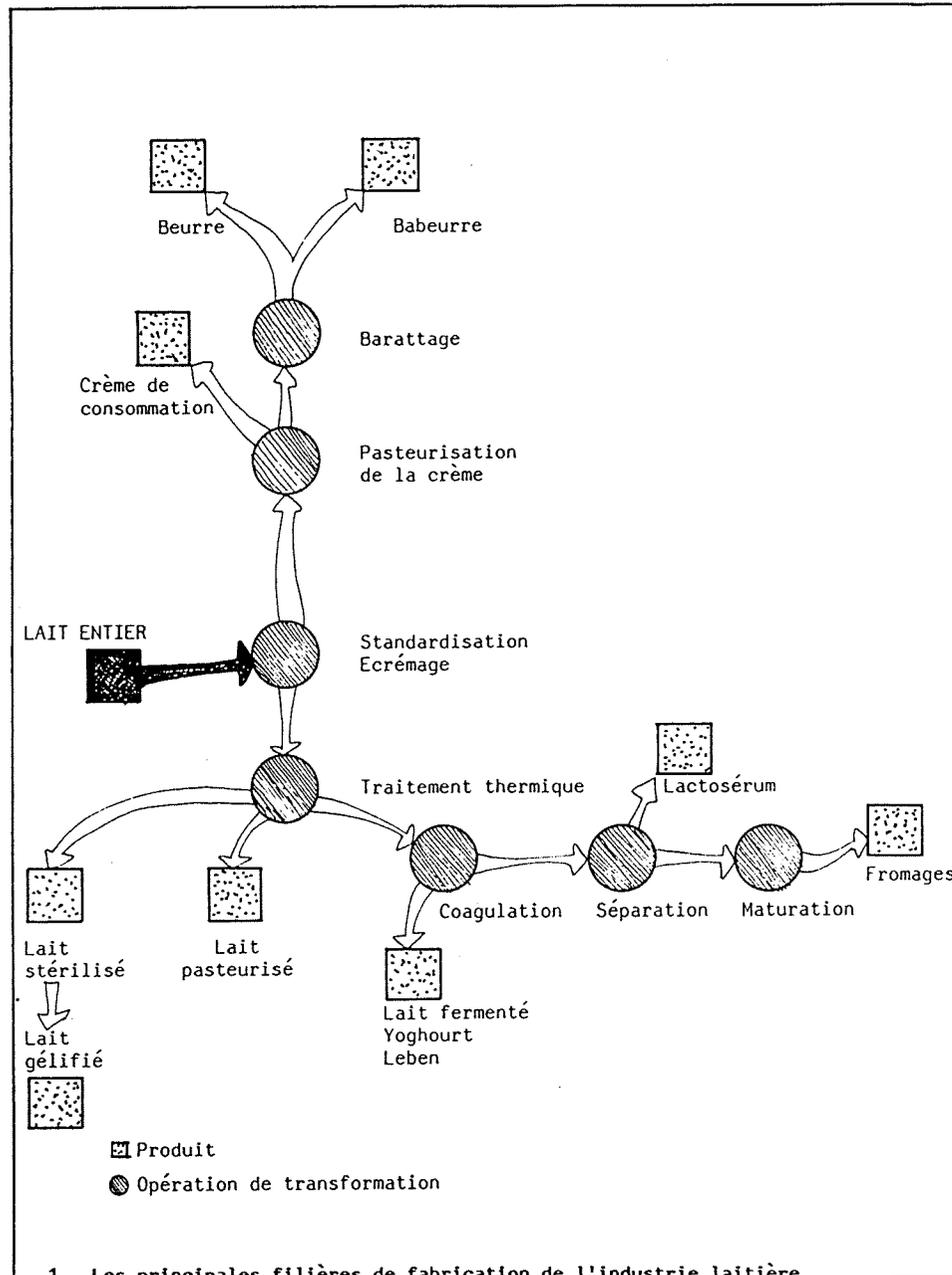
Nous allons maintenant décrire, étape par étape, les modes d'obtention des principaux produits de l'industrie laitière : nous nous attacherons ici aux procédés, réservant au chapitre suivant l'analyse des équipements indispensables.

Le diagramme p.22 visualise de façon très grossière les principales filières de fabrication que nous analyserons maintenant en détail.

2.3.1. Opérations préliminaires : collecte, stockage, standardisation

* Les systèmes de collecte

Avant d'envisager les transformations, il convient d'avoir organisé la collecte et le stockage de sorte que le lait reste le moins longtemps possible à une température supérieure à 10° avant d'être transformé (rappelons que le lait sort de la mamelle à 35-37° environ). Il faut également réduire autant que possible les mélanges de laits de différentes traites (risques de contamination d'un lait refroidi par un lait tiède).



Différents systèmes de collecte sont envisageables : nous les avons classés en deux grandes catégories visualisées par les graphiques ci-dessous.

- Système de collecte à simple niveau : il n'y a pas d'intermédiaire entre le producteur et la laiterie; la collecte est souvent assurée par la laiterie à l'aide de bidons ou de camions citernes. Dans le cas d'un ramassage en bidons, les productions restent individualisées et peuvent faire l'objet d'analyses à l'arrivée en laiterie.

Le ramassage en citerne implique une mélange des laits, donc une très bonne qualité hygiénique générale (notamment grâce à des systèmes de réfrigération de lait à la ferme) : ce système est généralement mal adapté aux conditions qui prévalent dans les PVD.

- Système de collecte à deux niveaux : ce système est bien adapté aux zones de production laitière dispersée et de conditions de transport difficiles. Dans de telles zones, la collecte du lait par les camions de la laiterie paraît inadaptée : les tournées seraient très longues, ce qui nuirait à la qualité du lait et grèverait considérablement les coûts de ramassage; on installe donc des points ou centres de collecte, sortes de relais entre le producteur et la laiterie; les producteurs ou des ramasseurs viennent à cheval, à vélo, en camionnette, y porter le lait dans des bidons ou dans de simples récipients domestiques; l'ensemble des laits collectés

au point de rencontre sera ensuite acheminé à la laiterie, soit par les camions de l'entreprise, soit par un collecteur.

Ce système à deux niveaux suppose des transvasements, ce qui accroît les risques de contamination : il est donc recommandé de procéder à des analyses au niveau du centre de collecte; ce système souple et peu coûteux existe dans de nombreux pays d'Amérique latine et d'Afrique.

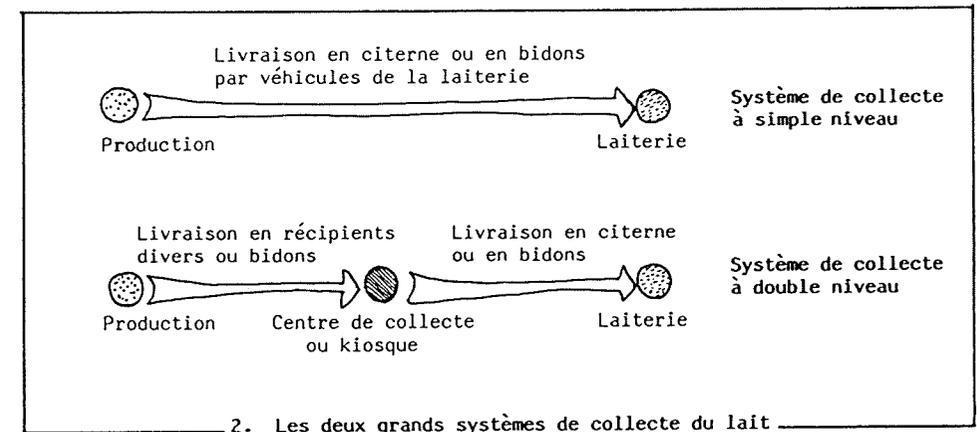
Faut-il obligatoirement réfrigérer le lait avant transport ou avant transformation ?

Dans les pays européens, le stockage provisoire à la ferme en tank réfrigéré s'est maintenant généralisé. Un tel système qui permet d'espacer les collectes et qui limite les risques de développement microbien est-il envisageable dans les PVD ?

Il ne peut assurément s'appliquer que dans les élevages importants des secteurs agricoles modernes. Pour les autres exploitations agricoles, la réfrigération-stockage à la ferme est inconcevable tant pour le coût de l'investissement que pour les besoins en électricité.

Pour l'acheminement du lait de ces exploitations vers la laiterie, on voit s'affronter deux modèles :

- le modèle traditionnel : le lait est stocké par le paysan dans ses propres récipients en bois, en poterie, en plastique ou en métal; il est transvasé dans les bidons du



LA CONTAMINATION DU LAIT

* Un milieu propice à la contamination

Le lait est une solution nutritive très riche non seulement pour les humains... mais aussi pour bon nombre de micro-organismes, qui s'y développent rapidement pour peu que la température leur soit favorable.

Tout au long de la "filière lait", il faut lutter contre deux risques liés à la présence de micro-organismes :

- modification indésirable de la matière première; par leur présence, par leurs sécrétions, les micro-organismes peuvent dénaturer le lait : putréfaction, lipolyse, par exemple, ou acidification dans le cas de production de lait de consommation (dans le cas de fabrication de fromages, on recherchera au contraire cette acidification provoquée par les micro-organismes).
- transmission de micro-organismes pathogènes : un lait contaminé en pathogènes (par exemple celui de la tuberculose) sera dangereux pour le consommateur.

* Des occasions multiples de contamination

- Vache malade : les micro-organismes pourront se retrouver dans le lait et contaminer le consommateur.
- Traite : la traite est une source importante de contamination, surtout dans le cas de traite mécanique avec des équipements mal nettoyés. Source de contamination : le trayeur (un panaris pourrait ensemencer en staphylocoques des quantités de lait), les mamelles, le récipient...
- Transport : tous les transvasements sont des vecteurs de contamination très importants; chaque manipulation constitue un facteur de risque.

* Mieux vaut prévenir que guérir

Il faut absolument éviter de considérer que la laiterie peut rendre consommable un lait de mauvaise qualité. Au contraire, le lait doit parvenir à la laiterie dans les meilleures conditions possibles. Tout au long de la chaîne, on doit éviter les contaminations et réduire les risques de développement microbien.

Le produit fini sera de bien meilleure qualité et le fonctionnement de l'atelier en sera grandement facilité.

collecteur qui l'achemine vers la laiterie.

- le modèle moderne : le collecteur dépose chez le paysan des bidons métalliques qui serviront au stockage de son lait après la traite; les bidons seront repris et conduits vers un centre de réfrigération où le lait sera refroidi à 5°C et conduit par citernes isothermes jusqu'à la laiterie.

On pourrait préconiser le modèle moderne, " théoriquement " le plus hygiénique et pourtant l'expérience montre que la qualité du lait provenant du modèle traditionnel n'est pas forcément inférieure. Pourquoi ? Rappelons tout d'abord deux phénomènes :

- * le lait qui sort de la mamelle est faiblement contaminé; l'essentiel de la contamination provient des récipients, de l'air, etc.
- * dans les pays chauds, le lait dispose naturellement d'un pouvoir bactériostatique qui retarde son acidification et accroît sa durée de conservation.

Dans le modèle moderne, on multiplie les transvasements (liés notamment à l'arrêt dans le centre de réfrigération), on utilise des bidons pas toujours bien lavés et qui peuvent être une importante source de contamination (des expériences ont montré que les poteries traditionnelles étaient pratiquement désinfectées par l'action des ultraviolets lors de leur séchage au soleil après lavage, et pouvaient constituer un mode de stockage à la ferme beaucoup plus hygiénique qu'un bidon métallique cabossé et mal nettoyé).

D'autre part, avant de décider s'il convient d'investir des fortes sommes dans un système de collecte sophistiqué, il faut :

- analyser l'évolution de la qualité du lait le long du système de collecte actuel (on pourra ainsi localiser d'éventuels points noirs).
- évaluer l'impact de mesures simples, telles que nettoyage énergique des bidons après utilisation, raccourcissement du délai de récupération des bidons (un bidon bien nettoyé peut se recontaminer si on le laisse trop longtemps à l'air libre), etc.
- estimer précisément les caractéristiques de qualité de la matière première, indispensables pour le type de fabrication;

en effet, toutes les fabrications n'exigent pas la même qualité de matière première : si le lait est destiné à la fabrication fromagère, peu importe qu'il ait subi lors de la collecte un début d'acidification; en revanche, s'il doit servir à la fabrication de lait de consommation, l'acidification peut être fatale (goût acide, risque de prise en masse lors de la pasteurisation haute).

L'expérience montre que dans la plupart des cas, le lait parvenant à la laiterie d'un PVD n'est pas de qualité aussi mauvaise que veulent bien le dire les responsables de la laiterie; d'autre part, cette qualité peut souvent être améliorée par une collecte simplement plus soignée.

Si la qualité reste insuffisante, on pourra alors recourir aux équipements de réfrigération avant laiterie, dont nous donnerons quelques exemples dans le chapitre suivant.

Mais nous voulons dire aussi que, contrairement à une idée souvent répandue, le froid n'est pas le miracle, et ce pour deux raisons :

- le froid ne détruit jamais les micro-organismes mais ralentit seulement le développement de certains d'entre eux;
- les germes psychrotrophes sont capables de se multiplier à des températures inférieures ou égales à 7°C (on les trouve dans le sol, dans le fourrage, dans l'herbe, etc.). Parmi ces germes, les Pseudomonas sont les plus dangereux : dotés d'enzymes lipolytiques et protéolytiques, ils dénaturent peu à peu le lait conservé au froid.

Il faut donc, avant tout, réduire la contamination même si l'on dispose d'un stockage sous froid.

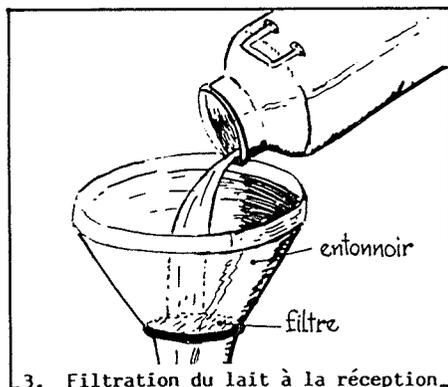
* Le stockage en laiterie

Filtration

A la laiterie, il convient de filtrer le lait afin d'en éliminer les impuretés grossières.

On peut utiliser un filtre métallique (nettoyage très grossier) ou de l'ouate de cellulose ou de la mousseline fixées entre 2 grilles métalliques (le nettoyage est plus fin; il faut changer les filtres très régulièrement).

(Coût = environ 50 FF les 200 filtres ronds)



3. Filtration du lait à la réception.

Quoiqu'il en soit, la filtration n'élimine pas les microbes déjà disséminés dans le lait, et, si on ne change pas assez souvent le filtre, il enrichira même le lait en microbes. Par conséquent, il vaut mieux ne faire qu'une filtration relativement grossière.

Là encore une mesure préventive justifiée mais mal conçue ou mal réalisée peut aboutir au résultat contraire et le cas est beaucoup plus fréquent qu'on ne le croit généralement.

Traitement de conservation avant transformation

Si le lait est transformé ou traité assez rapidement, il n'est pas nécessaire de le stocker dans des conditions de fraîcheur particulières. Par contre, dans de nombreux cas (approvisionnement un jour sur deux, stockage de la traite du soir, etc.) on devra envisager des conditions de stockage préservant la qualité du lait avant son traitement.

On peut utiliser deux méthodes : une méthode chimique (traitement par l'eau oxygénée) et une méthode physique (réfrigération).

* Procédé chimique de préservation du lait

Ce sujet est très controversé et nous ne l'abordons qu'avec réticence, mais la

préservation chimique du lait est utilisée dans beaucoup de pays et parfois même préconisée par de grands noms de l'équipement laitier comme ALFA-LAVAL : nous ne pouvions donc la passer sous silence.

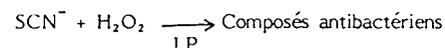
Nous citerons deux méthodes : lactopéroxydase et eau oxygénée.

- Lactopéroxydase

De quoi s'agit-il ? (1)

Il existe dans le lait un certain nombre de systèmes biochimiques qui peuvent participer à la stabilisation de la matière première.

C'est le cas du système " Lactopéroxydase " (LP) : on constate qu'un mélange de thiocyanate et d'eau oxygénée subit une réaction enzymatique grâce à la lactopéroxydase du lait et se transforme en composés antibactériens :



Dans le procédé ALPOM (Alfa-Laval Preservation Of Milk), on ajoute au lait collecté 15 ppm de thiocyanate de sodium et 8,5 ppm d'eau oxygénée.

L'effet bactériostatique des substances ainsi formées va permettre une stabilisation très provisoire du lait; insistons sur cet aspect : il ne peut s'agir que d'un traitement provisoire mais qui fera par exemple " gagner " 24 heures et permettra l'acheminement du produit jusqu'à la laiterie : le lait y sera alors pasteurisé par des voies traditionnelles. Cette méthode ALPOM est actuellement testée au Kenya.

- Eau oxygénée

On confond souvent les deux méthodes, dont les modes d'actions sont pourtant très différents; dans la méthode traditionnelle de conservation du lait par eau oxygénée, on provoque une oxydation générale en ajoutant de grosses quantités d'eau oxygénée (300 à 500 ppm); le système

(1) Voir la revue mondiale de zootechnie, H. KORHONEN : " Une nouvelle méthode de conservation du lait cru : le système antibactérien de la lactopéroxydase "

LP n'a rien à voir. Comme dans le cas précédent, on cherche à accroître la durée de vie du lait.

Ce procédé est souvent utilisé dans les PVD lorsque le lait transite par un centre de collecte où il est simplement filtré, transvasé en pots standard et alors additionné d'eau oxygénée avant d'être apporté à la laiterie.

De nombreux spécialistes sont très réservés face à ce qu'ils appellent " le faux remède miracle "; l'alternative " eau oxygénée " peut être un prétexte pour réduire les soins apportés à la préservation de l'hygiène du système de collecte : il suffit d'employer de fortes quantités d'eau oxygénée pour stopper le développement microbien; de telles pratiques ne sont pas dépourvues de danger : tout d'abord on méconnaît encore tous les effets de l'eau oxygénée sur les différents composants du lait et d'autre part des résidus d'eau oxygénée peuvent affecter les fabrications postérieures (notamment de yoghourt et de fromage). Il est de loin préférable d'éviter la contamination plutôt que de prétendre l'éliminer par de tels procédés.

* Procédé physique : la réfrigération

Compte tenu de ce qui a été dit plus haut, il convient d'insister sur le fait que le stockage réfrigéré du lait va occasionner des dépenses en investissement et en coût de fonctionnement (énergie) élevés. Par conséquent, le stockage doit être réduit au minimum en quantité et en durée, s'il s'avère nécessaire.

Il est préférable pour la qualité du lait que celui-ci soit stocké à moins de 18°. Cependant, selon la durée de stockage, les traitements à suivre, la qualité du lait à l'arrivée et celle des produits finis qui est recherchée, on peut adopter des solutions plus ou moins coûteuses :

- local frais : c'est la solution la plus simple, si l'on dispose d'une salle en sous-sol par exemple, qui servira pour le stockage du lait cru et des produits finis.
- Utilisation du système de réfrigération de la laiterie : la laiterie aura certainement besoin d'un système de production de froid pour ses différents process; il pourra

être utilisé pour le stockage du lait avant traitement. Il pourra s'agir :

- . d'un système de production d'eau glacée,
 - . d'une chambre froide,
 - . d'une alimentation en eau courante assez froide,
 - . d'un approvisionnement facile et peu coûteux en glace industrielle.
- Utilisation d'un système autonome de production de froid : le lait cru peut être stocké dans un équipement spécifique intégrant la production de froid (voir le chapitre consacré aux équipements).

Rappelons aussi (voir page 25) que le froid ne résout pas tout et ne peut assainir des laits contaminés; dans les pays à haut risque il peut être utile de réaliser une simple thermisation de lait (chauffage à 75°C par exemple) avant stockage au froid : solution plus sûre mais coûteuse à laquelle on préférera un système de collecte mieux surveillé.

* Autre procédé physique de traitement : centrifugation

Avec un appareil centrifuge classique, on peut aussi " nettoyer " le lait (cf. écrémage); dans ce cas les assiettes sont moins nombreuses et plus écartées les unes des autres pour éviter les pertes en MG; on peut aussi utiliser une " écrémeuse-centrifugeuse " séparant d'un seul coup les boues, le lait écrémé, la crème (on pourra alors remélanger crème et lait épurés).

* Standardisation de la matière première

Dans le cas où l'on souhaite obtenir un lait de composition régulière et déterminée (MG, MS, etc.), on procédera, après mesures des composants du lait, à un écrémage partiel ou à l'addition en cuve de traitement de lait en poudre, lait écrémé, crème, etc.

En général, on optimisera la valorisation de la matière première, en réalisant un écrémage partiel de façon à vendre du beurre et du lait de consommation semi-écrémé (gain supérieur à celui du lait de consommation entier)

Mesures du taux de matière sèche et du taux de matière grasse sont faciles à réaliser de façon systématique, même dans une minilaiterie et présentent d'ailleurs plusieurs intérêts :

- possibilité d'ajustement de la matière première pour favoriser la régularité de la fabrication.
- contrôle de la matière première : on peut ainsi prévenir les risques d'adultération du lait; dans les PVD il s'agit là d'un risque considérable car les pratiques d'addition d'eau par les producteurs ou les collecteurs y sont fréquentes et posent un double problème (dilution de la matière première et surtout grave risque de contamination).

Dans une minilaiterie d'Haïti, nous avons pu observer un mode de prévention original de la fraude : à la réception, le directeur de la laiterie n'acceptait d'acheter qu'environ les 4/5 de chaque bidon, le producteur retournant chez lui avec le reste du lait; ainsi pouvait-on être assuré " que le paysan n'avait pas ajouté de saletés à son lait puisqu'il serait obligé de le consommer ". Méthode sans doute efficace mais qui en dit long sur le type de relations qui régnait entre la laiterie et les producteurs.

2.3.2. Fabrication de laits de consommation : laits pasteurisés, stérilisés, concentrés

Pasteurisation et stérilisation correspondent à deux traitements thermiques ayant pour objectifs la stabilisation de lait :

- la pasteurisation ne détruit qu'un certain pourcentage de germes (dont les germes pathogènes) et procure un lait de durée de conservation limitée.
- la stérilisation détruit la totalité des germes et permet donc une conservation de longue durée.

* Pasteurisation

On peut qualifier de " pasteurisé " un lait qui a été maintenu pendant un temps suffisamment long à une température capable de détruire les germes pathogènes

(en particulier celui de la tuberculose).

Une telle définition permet d'imaginer toute une série de combinaisons de température et de temps depuis 30 minutes à 63°C (pasteurisation basse) jusqu'à 1 seconde à 95°C (pasteurisation flash).

Avant d'évaluer les avantages respectifs de chaque méthode, on peut se poser une question préalable :

" La pasteurisation du lait de consommation courante est-elle une obligation dans les PVD ? "

La plupart des spécialistes répondraient sans doute par l'affirmative, face aux risques engendrés par la consommation de lait cru. Pourtant le problème est plus complexe :

- il est certain que la vente de lait cru par des circuits obscurs où l'adultération est de règle peut engendrer des risques sanitaires graves, et qu'en ce cas l'obligation de pasteurisation s'impose.
- comme nous l'avons vu, le lait sort de la mamelle de la vache faiblement contaminé et pourvu d'une défense bactériostatique efficace. On peut donc très bien favoriser, pour les petites agglomérations, la vente de lait cru par une organisation de producteurs qui assurerait la collecte et la livraison de lait dans d'excellentes conditions d'hygiène.

Ceci d'autant plus qu'une pasteurisation mal conduite peut même avoir des effets nocifs. Prenons en effet le cas d'une pasteurisation en cuve avec un mauvais système de refroidissement : lors du séjour à température de pasteurisation, on détruit certes une proportion notable de micro-organismes mais aussi les capacités bactériostatiques naturelles du lait; lors du refroidissement lent, le lait restera longtemps à une température comprise entre 30°C et 60°C, éminemment favorable au redéveloppement microbien...

La pasteurisation ne permet donc pas toujours de réduire la population microbienne totale mais elle permet d'éliminer les pathogènes.

Quant à l'option lait cru de consommation, elle n'est donc pas à écarter mais elle impose une surveillance stricte de l'état

sanitaire, non seulement des troupeaux, mais aussi des trayeurs qui peuvent être d'importants vecteurs de contamination.

L'option " lait cru de fabrication " (lait non pasteurisé destiné à la fabrication de fromages) est très controversée... mais très pratiquée dans les PVD.

Il est certain qu'une pasteurisation préalable bien conduite constitue une garantie pour le fromager, puisqu'il pourra mieux conduire l'activité microbienne.

Mais une collecte bien organisée et une acidification rapide permettent de fabriquer une bonne gamme de fromages avec du lait cru.

Pasteurisation basse ou haute

* Pasteurisation basse

On l'appelle aussi procédé LTLT (" low temperature long time "). On maintient le lait à 63°C pendant 30 minutes : l'agitation est un facteur primordial pour homogénéiser le chauffage et éviter le brunissement dû à des problèmes de surchauffe sur les parois. La pasteurisation terminée, il faut procéder à un refroidissement rapide jusqu'à 17°C-18°C pour franchir le plus vite possible les gammes de température propices au développement microbien.

La pasteurisation basse est préférable pour les fabrications fromagères (si on pasteurise le lait à plus de 72°C-73°C, on se heurtera ensuite à des problèmes de coagulation des albumines); dans le cas de pasteurisation avant fabrication fromagère, on refroidira le lait pasteurisé jusqu'à atteindre la température d'emprésurage.

* Pasteurisation haute

On traite donc le lait à haute température pendant peu de temps : ce procédé est le mieux adapté aux laits de consommation puisqu'il préserve bien la valeur nutritive de la matière première.

Pasteurisation en cuve, par échangeur de chaleur ou en bouteille ?

Nous traiterons des équipements dans le

chapitre 3, mais nous voudrions dès maintenant présenter les différentes options :

- Cuve à double paroi : on injecte entre les deux parois de l'eau chaude ou de la vapeur, ce qui provoque une élévation de la température du lait contenu dans la cuve.

Avantage : matériel relativement peu coûteux.

Inconvénients :

- . difficulté de réaliser un système hermétique empêchant les contaminations,
- . difficulté d'avoir un refroidissement suffisamment rapide.

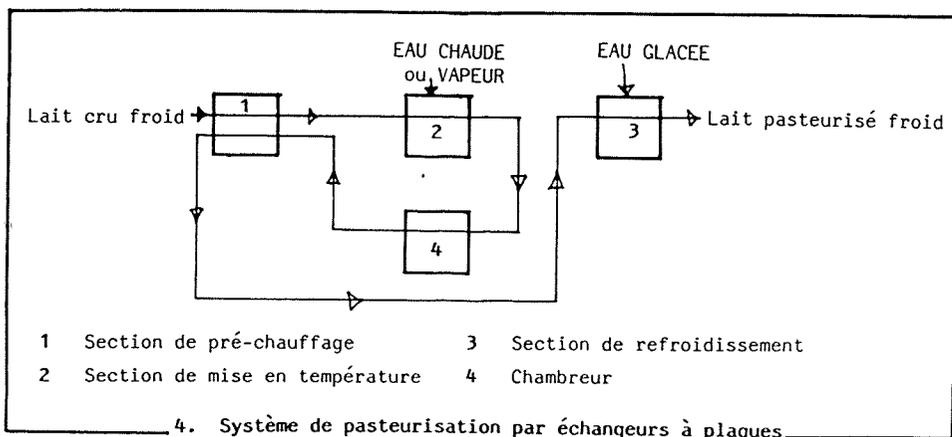
Certains auteurs pensent que ces défauts doivent prohiber l'utilisation de la pasteurisation en cuve dans les PVD, mais nous ne partageons pas cette condamnation.

- Echangeurs de chaleur : les échangeurs de chaleur à plaques (voir description des équipements dans le chapitre 3) assurent des variations de température rapides pour une consommation énergétique faible. Les échangeurs à plaque sont en effet bâtis selon un système qui permet d'importantes récupérations de chaleur, comme le montre le diagramme p. 30 . La pasteurisation à proprement parler (maintien à la température maximale choisie pendant un temps choisi) s'effectue dans la section de chambrage. L'installation de pasteurisation comprend donc le chambrer, et les différentes sections de l'appareil à plaques : préchauffage/chauffage/refroidissement.

Le lait cru pénètre dans la pasteurisation par les plaques de pré-chauffage où il se réchauffe au contact du lait pasteurisé sortant du chambrer : il y a donc échange de chaleur bénéfique, entre le lait entrant (qui doit se réchauffer) et le lait sortant (qui doit se refroidir); il passera ensuite dans la section de montée en température avant de séjourner dans le chambrer pendant le temps de pasteurisation; il commencera ensuite son refroidissement au contact du lait entrant, puis le terminera dans une section alimentée en eau glacée.

- Pasteurisation en bouteille

Les traitements précédents correspondent



à des pasteurisations du lait en vrac; or, le lait devra ensuite être conditionné et affrontera de multiples risques de contamination entre la cuve et la bouteille.

On peut donc parfois procéder au conditionnement avant pasteurisation : le lait est mis en bouteilles (ou sachet souple), et placé au "bain marie" (immersion dans un bain d'eau chaude) pendant le temps requis.

Avantage :

- absence de recontamination
- installation simple

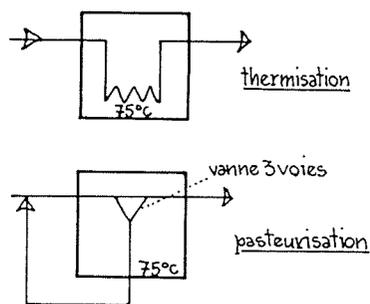
Inconvénient : rendement énergétique déplorable.

Lait pasteurisé ou lait thermisé ?

Pasteurisation et thermisation correspondent à des traitements thermiques très voisins mais qui diffèrent par la procédure de contrôle-régulation :

- Un thermisateur est muni d'un simple thermostat. Le système de régulation, très limité, ne grève pas le prix de l'équipement. En revanche, on ne peut pas être assuré que toute la matière première a subi le traitement requis. Le thermisateur peut être utilisé pour traiter les laits de collecte éventuellement avant stockage.
- Un pasteurisateur est muni d'un système de contrôle relativement complexe et

d'une vanne 3 voies; on mesure notamment la température en fin de chambrage et on contrôle que tout le lait a été traité suivant le barème; le lait insuffisamment traité retournera par la vanne 3 voies en tête de traitement.



Traitements couplés à la pasteurisation

On peut adjoindre au pasteurisateur une centrifugeuse (cf. beurres et crèmes) pour réaliser une séparation de boues et un écrémage ou un homogénéisateur qui facilite le mélange matières grasses/matières non grasses et empêche leur séparation ultérieure.

Opération indispensable pour le lait stérilisé et pour les laits reconstitués ou enrichis à partir de poudre et/ou de graisses végétales, l'homogénéisation l'est moins pour le lait pasteurisé d'autant plus que le lait

homogénéisé a tendance à rancir plus vite que le lait normal. Un homogénéisateur coûte cher et l'on peut souvent s'en passer.

L'homogénéisation et l'écémage se font mieux sur du lait chauffé que sur du lait froid. On peut donc placer les appareils après la section de préchauffage du pasteurisateur, ou après la section de pasteurisation et avant celle de refroidissement.

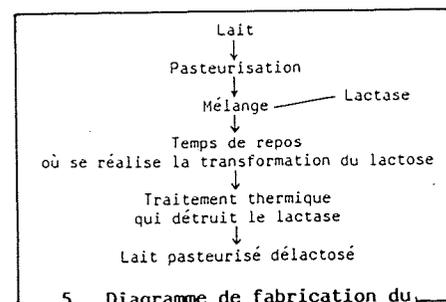
Lait dé lactosé : autre sujet très controversé à l'heure actuelle; le lactose, principal sucre du lait, est normalement hydrolysé dans l'organisme humain en glucose et galactose par les lactases digestives.

On a constaté dans beaucoup de PVD (et en proportion beaucoup plus faible dans les pays industrialisés) des cas d'intolérance au lait de vache qu'on attribuait généralement à une intolérance au lactose : les enfants présentaient par exemple des diarrhées répétées.

Les tendances actuelles sont beaucoup plus circonspectes : intolérances jugées moins nombreuses et souvent provisoires, rôle des protéines du lait dans les phénomènes de rejet.

Nous nous contenterons ici de dire que l'on peut éliminer le lactose et proposer un lait dé lactosé.

La solution la plus simple consiste à ajouter au lait un enzyme qui attaque le lactose : la lactase.



5. Diagramme de fabrication du LAIT DELACTOSÉ

Conditionnement

Le conditionnement du lait représente un des problèmes les plus délicats dans les

PVD : difficulté de s'approvisionner en bouteilles de verre, coût prohibitif des équipements automatiques de conditionnement en emballage carton, etc...

On peut en effet conditionner le lait pasteurisé en sachets de polyéthylène, en bouteilles plastique, en cartons, en bouteilles de verre. Le lait pasteurisé ne bénéficiant que d'une courte durée de conservation, on pourra choisir des récipients d'une capacité inférieure à 1 litre.

Mais le conditionnement du lait pasteurisé n'étant pas vraiment spécifique, nous traiterons le problème pour l'ensemble des laits de consommation.

Remarques

Le lait pasteurisé n'est pas stérile. Cependant, on peut faire un lait propre et sain si l'on veille à limiter les contacts avec l'air ou la chaleur après pasteurisation (tuyaux de raccords, conditionnement rapide ou stockage réfrigéré, propreté des récipients, des machines).

* Stérilisation

La stérilisation est la destruction de la quasi totalité des micro-organismes présents. La méthode couramment utilisée en laiterie est le traitement à plus de 100°C pendant un temps plus ou moins long.

On peut distinguer deux grands procédés de stérilisation du lait :

- la stérilisation en bouteilles : on remplit la bouteille avec du lait cru, on ferme hermétiquement et l'on dispose la bouteille de lait dans un autoclave où elle subit le traitement de stérilisation (système déjà évoqué à propos de la pasteurisation). C'est le procédé le plus simple, le plus fiable mais aussi le plus coûteux en énergie et le moins productif.
- La stérilisation en vrac : le produit est d'abord stérilisé puis injecté dans son conditionnement. On peut utiliser des systèmes récupérateurs de chaleur, ce qui réduit considérablement la consommation d'énergie. Toutefois ce procédé est extrêmement délicat car le remplissage

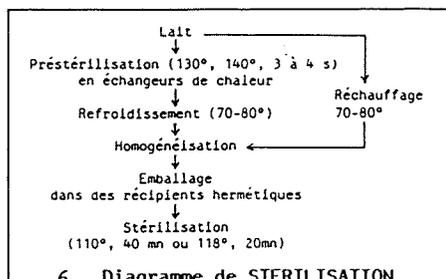
du conditionnement doit se faire de façon parfaitement aseptique, ce qui suppose des machines sophistiquées parfaitement réglées : technologie totalement inadaptée aux minilaiteries.

Stérilisation en bouteilles

La stérilisation en bouteilles peut s'appliquer à des bouteilles en plastique ou en verre. Elle présente donc le grand avantage d'éviter un conditionnement aseptique qui constitue le gros poste d'investissement pour la stérilisation du lait.

La préréstérilisation est une option qui permet de détruire la plupart des germes avant la stérilisation qui pourra être effectuée à température moins élevée : on peut la réaliser dans les cuves proposées en pasteurisation. L'homogénéisation s'impose pour éviter la formation d'un bouchon de crème à la stérilisation.

La stérilisation à proprement parler se fait en autoclave, où le produit est soumis à une pression de vapeur de 1 kg/cm^2 (ce qui équivaut à chauffer le lait à 120°C). Le produit a tendance à prendre un goût de "cuit" prononcé et une teinte caramel très claire.



6. Diagramme de STERILISATION du lait en bouteilles

Ce procédé simple est également très lent : un cycle dure environ 45 minutes et les autoclaves les plus grands ne contiennent pas plus de 1 600 bouteilles; une stérilisation en bouteille est toutefois parfaitement envisageable dans une minilaiterie alors que dans l'état actuel de la technique un système stérilisation en vrac-remplissage aseptique paraît inapproprié.

La stérilisation en bouteilles permet, avec un niveau d'investissement accessible à des minilaiteries, de fabriquer du lait de longue conservation; le lait stérilisé nous semble un produit tout-à-fait adapté aux PVD et en particulier aux milieux ruraux puisqu'il ne requiert pas de chaîne de froid.

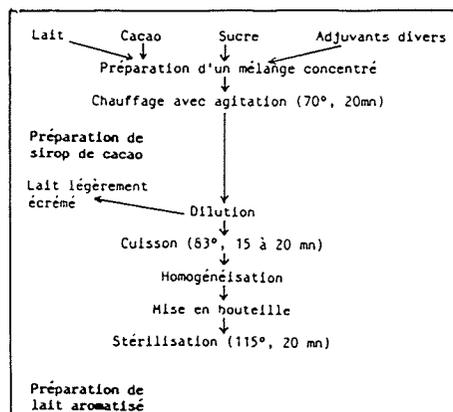
Stérilisation en vrac

Nous n'en parlerons qu'à titre d'information car ce procédé est totalement inconcevable dans les minilaiteries des PVD. Il présente l'avantage de ne nécessiter qu'un chauffage très bref à haute température (125° à 150°). Par contre, il impose le conditionnement aseptique du lait traité, ce qui représente un lourd investissement. Ce procédé est nommé "stérilisation UHT" (Ultra Haute Température).

Pour des raisons de coût d'investissement, de formation du personnel, de maintenance, le procédé UHT est difficilement utilisable en PVD.

Pour des fabrications de lait stérilisé à gros débits, on pourra lui préférer des autoclaves en continu qui peuvent traiter à 130°C pendant 7 à 8 minutes du lait en bouteilles plastique haute densité; ce type d'installation ne concerne pas les minilaiteries.

* Une variante : le lait stérilisé aromatisé



7. Diagramme de fabrication du LAIT AROMATISE au chocolat

Dans de nombreux pays, où l'on souhaitait développer la consommation de produits laitiers, on a lancé des laits aromatisés pour attirer de nouvelles catégories de consommateurs.

En fait, seul le lait chocolaté a connu un développement appréciable. On commence par préparer un sirop de chocolat en mélangeant poudre de cacao, sucre cristallisé, amidon puis un peu de lait écrémé, on cuit le mélange et on obtient ainsi le sirop que l'on mélangera au lait, comme l'indique le diagramme ci-contre.

La stérilisation est réalisée en autoclave. Le mélange et la pasteurisation se font en cuve de traitement thermique.

* Pasteurisation ou stérilisation : le choix du traitement thermique

Le lait pasteurisé n'est pas un produit stable : les germes sporulés qui ont résisté au traitement ne demandent que des conditions favorables (une température entre 20°C et 40°C par exemple) pour se multiplier et recontaminer le lait. La solution "lait pasteurisé" n'est donc envisageable que lorsque l'on maîtrise bien les circuits de commercialisation et que l'on est certain du devenir de chaque bouteille. Citons l'exemple de BOMBAY : la laiterie a installé des kiosques de place en place où le lait pasteurisé est livré deux fois par jour à heure fixe; chaque point de vente peut servir environ un millier de consommateurs inscrits qui retournent la consigne lors de chaque rachat; on est donc assuré d'un temps très court entre le traitement et la vente au détail. Citons également l'exemple d'une minilaiterie de PORT AU PRINCE qui livre son lait pasteurisé chaque jour uniquement à des congrégations religieuses et des écoles privées, c'est-à-dire au consommateur final : donc là encore on a un circuit court qui garantit une consommation dans un bref délai (dans le cas de PORT AU PRINCE c'était une nécessité vu la qualité de la pasteurisation...).

Le lait stérilisé est plus coûteux, il est souvent conditionné dans des bouteilles de verre qui grèvent les coûts de transport (il est toutefois maintenant possible de stériliser le lait en bouteilles plastiques),

mais il apporte une sécurité au consommateur et permet de se libérer de l'assujettissement à la chaîne de froid.

Le lait UHT est pratiquement stérile, conditionné en emballage léger, opaque, qui protège le lait des rayons lumineux (beaucoup d'éléments nutritifs du lait sont en effet détruits à la lumière); mais, comme nous l'avons vu, le procédé UHT est inadapté aux minilaiteries.

* Le lait concentré

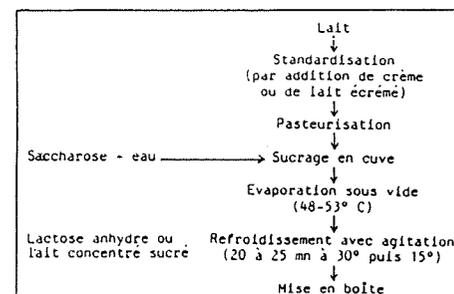
Cette fabrication comprend une déshydratation par évaporation, et soit la stérilisation, soit le sucrage - qui crée une pression osmotique défavorable au développement des micro-organismes - qui en font un produit de longue conservation.

Le lait concentré présente de nombreux atouts (durée de conservation très élevée, concentration d'une grande valeur nutritive dans un petit volume, facilité de transport...) qui en font un des produits de base que l'on trouve dans les épiceries des PVD.

Peut-on fabriquer de tels produits en minilaiteries?

- Lait concentré sucré : c'est un produit réputé de fabrication difficile.

. La mise en boîte est délicate : on ne peut pas conditionner à chaud; or, à 15°C - 20°C , la viscosité de ce produit est très élevée et impose un emboîtement par une machine à piston qui s'enrasse facilement.



8. Diagramme de fabrication du LAIT CONCENTRE SUCRE (non stérile)

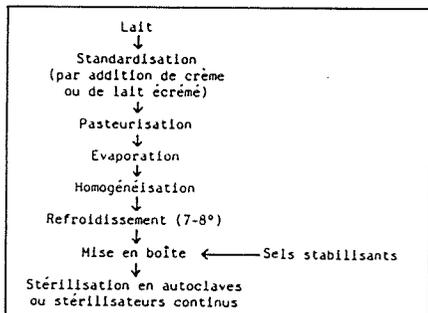
. Le produit ne peut être stérilisé (on aurait des phénomènes de caramélisation) et les risques de contamination sont grands : couvercle et boîte doivent être brûlés; l'homogénéité du produit doit être parfaite : si à un endroit le taux de matière sèche est trop faible, on assistera à un développement microbien.

. On a des risques de cristallisation lactose + sucre.

Dans l'ensemble le lait concentré sucré paraît difficilement accessible aux minilaiteries.

- Lait concentré non sucré

La conduite de l'installation est beaucoup plus facile puisque l'on procède en fin de chaîne à une stérilisation. Par rapport à l'installation classique d'une minilaiterie, il faut adjoindre un équipement de cuisson sous vide, destiné à assurer la concentration.



9. Diagramme de fabrication du LAIT CONCENTRE NON-SUCRE (stérile)

Le lait concentré non sucré est donc accessible à des minilaiteries d'une certaine taille.

- Produits voisins

Dans certaines parties du monde, il existe une tradition de fabrication et de consommation de sucreries apparentées au lait concentré sucré : ce sont les "sweet" en Inde, les "doce" dans les pays andins, les "doce" au Brésil... Dans tous les cas on laisse cuire plusieurs heures, en mélangeant presque continuellement, du lait et du sucre (ou jus de canne) jusqu'à obtenir une pâte, qui est

consommée telle quelle, ou moulée en forme de rectangle jusqu'à consistance de bonbon ou de caramel - on les conditionne traditionnellement en feuilles de palmier ou de bananier, et maintenant en pots paraffinés et boîtes métalliques.

Le chauffage en bassines est très long et occasionne des pertes en chaleur importantes. Il est possible d'améliorer ce système avec un couvercle à brasseur par exemple, en cuves de traitement thermique.

2.3.3. Fabrication de laits fermentés

Si, en Europe, la consommation de ce type de produits se limite actuellement au yaourt, il n'en est pas de même dans certains pays où les laits fermentés existent sous diverses formes. Ce n'est guère étonnant du fait que le lait cru contient les ferments qui permettent son acidification naturelle.

Il existe des variétés multiples de par le monde :

- le kourmiss, très apprécié dans le Caucase, est fait à partir de lait de jument,
- en Afrique tropicale, le producteur de lait a toujours apprécié un lait fermenté, semi-coagulé ou même simplement épaissi et doté d'une saveur amère prononcée; ce produit n'a pas grand chose à voir avec nos yaourts industriels,
- dans d'autres régions, on favorise, en plus de la fermentation acide, une fermentation alcoolique (transformation du lactose en alcools).

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de laits fermentés.

	Fermentation lactique seule	Fermentation lactique + lactique alcoolique
Liquide	Leben, lait acide	Kéfir, Koumiss
Semi-pâteux	Yaourt brassé	-
Ferme	Yaourt étuvé	-

Pour fabriquer ces produits, il existe deux types de méthodes :

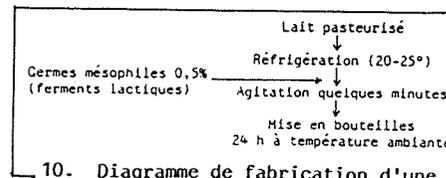
- la fermentation spontanée : on laisse le lait fermenter tout seul (en le mettant

toutefois dans des conditions appropriées de température et d'humidité),

- la fermentation conduite : on pasteurise tout d'abord le lait pour l'assainir puis on le réensemence avec des levains sélectionnés (qui peuvent être contenus dans un peu de lait fermenté de la veille) et on le met dans des conditions de température qui favorisent la coagulation.

La seconde méthode est la seule envisageable à l'échelon industriel même pour une minilaiterie : la fermentation est une biotechnologie qui demande beaucoup de rigueur, si l'on veut éviter des développements microbiens indésirables. Nous n'entrerons pas ici dans le détail de la pratique de ces biotechnologies : le lecteur désirant savoir comment préparer les ferments se reportera à la littérature spécialisée.

* Boisson issue d'une fermentation lactique seule

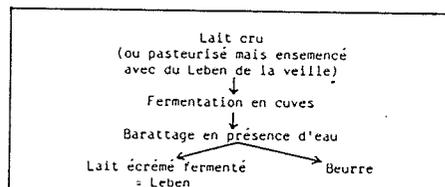


10. Diagramme de fabrication d'une BOISSON FERMENTEE ACIDE

Le leben est une variante de ce produit; il est consommé au Proche-Orient ainsi qu'en Inde (on l'appelle le dahi).

Le leben est consommé tel que ou mélangé à de la farine de froment, le mélange est laissé à fermenter et ensuite séché au soleil (c'est le Kushuk en Irak, le Kishk au Liban, le Takhana en Turquie).

Leben et dahi sont fabriqués en général en même temps que le beurre.

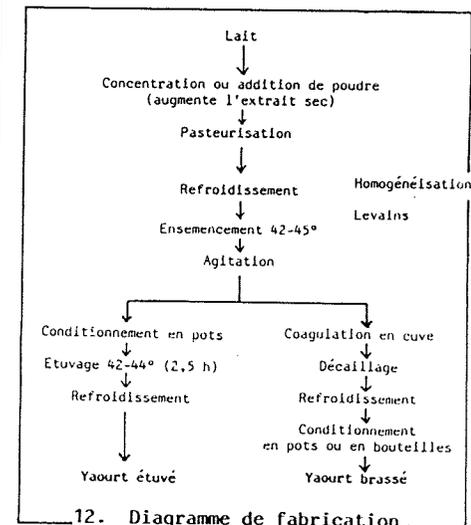


11. Diagramme de fabrication du LEBEN

* Yaourt brassé ou étuvé

Le yaourt ou yoghourt est semble-t-il originaire du Liban où l'on trouve sa trace il y a 7 000 ans.

Le principe en est simple mais la fabrication délicate; en particulier les employés doivent se méfier de la présence de bactériophages ou de traces d'antibiotiques ou d'antiseptiques qui peuvent empêcher le développement microbien : il est donc conseillé de tester chaque arrivage de lait destiné à la fabrication de yaourt pour vérifier son aptitude à l'acidification et à la coagulation. Comme nous le verrons les équipements sont simples et parfaitement accessibles aux minilaiteries.



12. Diagramme de fabrication des YAOURTS

La fabrication de yaourt étuvé dans les pays industrialisés implique généralement un écrémage poussé de lait (avec bien sûr récupération de crème) et addition de poudre de lait pour augmenter l'extrait sec.

Faut-il faire de même dans une minilaiterie d'un PVD ?

- si l'on dispose de poudre de lait d'importation à bas prix, pourquoi pas ?
- Mais il faudra absolument homogénéiser le

mélange (coût élevé de l'homogénéisation);

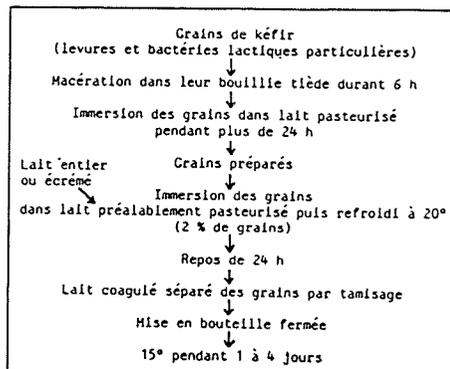
- sinon on peut faire beaucoup plus facilement des yaourts au lait entier sans addition de poudre : on aura simplement une texture moins dense.

Option : aromatisation ou addition de fruits ou sucrage

Depuis quelques années s'est développée la fabrication de yoghourts parfumés à l'aide d'essences de divers fruits. Les essences naturelles de fruits sont des distillats; elles sont donc incolores. On les ajoute au lait au moment de l'ensemencement. Elles sont accompagnées d'un colorant naturel rappelant la couleur des fruits ayant fourni les essences. On prépare également des yaourts aux fruits constitués par du yaourt coagulé en cuve et battu à froid, auquel on a ajouté de la pulpe ou des morceaux de fruits divers ainsi que du saccharose. Pour des impératifs d'ordre bactériologique, il est recommandé de pasteuriser soigneusement le mélange fruit-sucre avant son utilisation. En vue de conserver au yaourt une consistance semi-liquide convenable, les adjonctions de fruits et de saccharose ne doivent pas dépasser 15 %.

* Lait alcoolisés

Kéfir (originaire du Caucase)



13. Diagramme de fabrication du KEFIR (boisson gazeuse, acide et alcoolisée)

Koumis (Asie Centrale)

C'est un lait de jument fermenté. Selon l'acidité et la teneur en alcool, le koumis est doux, moyen ou fort. L'ensemencement se fait à l'aide de bactéries lactiques et de levures.

On prépare du koumis également avec des laits d'ânesse ou de chamelle.

On attribue au koumis une action curative dans le traitement de certaines affections pulmonaires.

2.3.4. Beurres et crèmes

L'origine de l'écémage du lait se trouve dans son aptitude à se séparer en crème et lait écrémé : dans les campagnes françaises on a longtemps gardé l'habitude de conserver "à la cave" (ou dans un endroit frais) le lait de la veille pour pouvoir, au matin, recueillir en surface une épaisse couche de crème; le lait partiellement écrémé était alors bouilli pour l'assainir et accroître sa durée de conservation.

Dans certaines régions (régions de nomades par exemple), la seule source de matières grasses se trouve dans les produits animaux. Le beurre (ou les produits proches) y est donc primordial et très ancien.

Chez d'autres populations, l'abondance des huiles végétales justifie sans doute moins, sur un plan strictement nutritionnel, la fabrication d'un tel produit, spécialement riche en matières grasses (sauf si l'on vise des catégories aisées de la population).

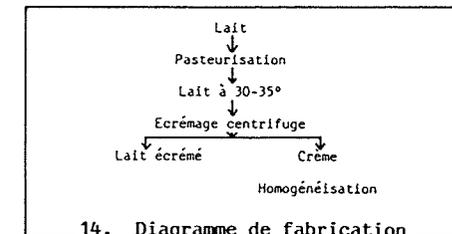
* Ecrémage

* On accélère la séparation des globules gras et du lait écrémé par centrifugation. La crème obtenue contient de 34 à 38 % de matières grasses.

L'écémage s'effectue soit en discontinu, soit en continu. L'écémageuse est une sorte de cuve maintenue en rotation : les globules gras rejoignent alors le centre tandis que le

liquide non gras progresse vers les parois latérales.

Les deux composants sont ainsi séparés grâce à leur différence de densité.



14. Diagramme de fabrication de la CREME

* Mais on peut également recourir à la décantation traditionnelle : cette technologie simple suscite actuellement un regain d'intérêt dans les grandes entreprises européennes et peut parfaitement s'appliquer aux minilaiteries en PVD; le lait correspondant à la traite du soir est pasteurisé à son entrée dans l'atelier, refroidi et stocké (toutes ces opérations pouvant être menées dans la même cuve de pasteurisation) pendant la nuit à une température inférieure à 10-12°C; le matin, on recueillera à la surface de la cuve une épaisse couche de crème.

On peut donc réaliser ainsi un écémage... sans écémageuse.

* Les produits sous forme crème

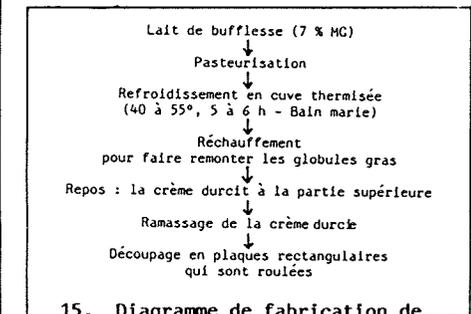
La crème peut être un produit consommé en l'état (néanmoins, on observe une faible consommation de ce produit en PVD). Pour cela il faut lui donner du goût : on l'ensemence avec des ferments acidifiants (3 à 5 %) dans une cuve de traitement, la maturation s'effectuant à 14-16°, pendant environ 15 heures. La crème mûrie est conditionnée en pots plastiques (voir conditionnement yaourts).

Une particularité : la crème " bouele " (Turquie)

A base de lait de bufflesse, elle est consommée avec des aliments sucrés

(pâtisseries, miel, confiture) un peu comme du beurre.

La séparation se fait par réchauffement et mise au repos.



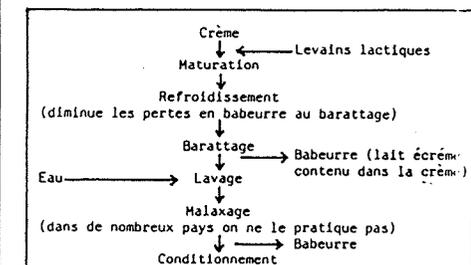
15. Diagramme de fabrication de la CREME "BOUELE"

Crèmes glacées

La consommation de crèmes glacées dans les pays chauds est loin d'être négligeable, même parmi les couches défavorisées de la population (engouement des enfants). La fabrication et la conservation exigent des installations de froid importantes et le procédé de fabrication est assez complexe. Il existe néanmoins des variantes simplifiées : citons l'exemple d'une laiterie de BAMAKO (Mali) qui a lancé avec un grand succès des bâtonnets glacés de lait caillé avec adjonction de sucre et d'eau.

* Le beurre

La fabrication du beurre consiste à



16. Diagramme de fabrication du BEURRE

concentrer la matière grasse de la crème, c'est-à-dire à en expulser une partie de son lait écrémé.

Cette opération se fait par agitation : on l'appelle le barattage. Comme nous l'avons dit, la fabrication de beurre est relativement faible dans les PVD. Pourquoi ? On pourrait invoquer plusieurs facteurs :

- le lait est encore souvent consommé entier, c'est-à-dire sans écrémage partiel (alors qu'en Europe le lait demi-écrémé s'est généralisé), ceci réduit les quantités de crème utilisables;
- les quantités de crème disponibles dans une minilaiterie sont généralement faibles, l'écrémage partiel de 10 000 l. de lait ne permettra de fabriquer que 130 kg de beurre;
- le beurre est généralement vendu nettement plus cher que la margarine, ce qui réduit le marché disponible;
- on préfère souvent fabriquer (surtout en Asie) un produit de type " beurre fondu " (voir plus loin) dont la conservation est nettement plus facile.

Tous ces éléments font du beurre un produit de consommation marginale dans les PVD. Toutefois on constate que le beurre, comme d'ailleurs le yoghourt, participe efficacement à la rentabilité des minilaiteries : on procède en début de traitement à un écrémage partiel du lait; ce lait partiellement écrémé servira à la fabrication des yoghourts, fromages et laits de consommation.

Compte tenu de son prix de vente très élevé, et de son faible coût spécifique de production, le beurre constitue parfois un facteur indispensable de rentabilité de l'exploitation.

- On peut baratter le lait directement mais l'écrémage préalable donne un beurre de meilleure qualité.
- Selon la provenance et la qualité de la crème, il peut être recommandé de la pasteuriser avant de la mettre en maturation.
- Lorsque l'on part de " crèmes fermières " (c'est-à-dire de crèmes fabriquées par les producteurs) qui sont généralement acides, on peut procéder à une désacidification

par addition de chaux, avant la pasteurisation. Cela se faisait en France il n'y a pas bien longtemps...

- Dans quelles conditions doit se faire la maturation ? Dans les pays tempérés, on inocule à la crème des ferments sélectionnés qui procurent le développement souhaité. Dans les PVD, on utilise parfois des procédés plus simples : absence de maturation, maturation sans ferments extérieurs (on obtient en fait une acidification prononcée), maturation avec un peu de beurre de la veille, etc. De plus on abandonne souvent le beurre après fabrication, ce qui provoque un rancissement. Les spécialistes européens sont choqués par de tels procédés et de fait le beurre obtenu est de qualité médiocre... pour un palais européen. Selon les responsables des laiteries locales, le consommateur est habitué à ce goût et trouverait fade un beurre européen.

Les qualités nutritionnelles et hygiéniques du produit n'étant pas en cause, nous laisserons à chacun le soin d'en tirer ses conclusions :

. faut-il s'aligner sur la qualité européenne et éduquer le consommateur ?

. faut-il en rester aux méthodes traditionnelles ?

. ou bien ne pourrait-on pas rationaliser la production de beurre rance ? Le consommateur est habitué au beurre rance et l'aime ainsi, mais peut-être souhaiterait-il un degré de rancissement plus constant. Pourquoi ne pas " conduire le rancissement " en contrôlant le degré de lipolyse ? On identifierait le degré de lipolyse " optimal ", c'est-à-dire celui qui correspond le mieux au goût du consommateur et l'on s'efforcera de le reproduire systématiquement, en s'aidant de l'action de germes lipolytiques. Des recherches ont d'ailleurs été menées sur ce thème en Algérie et au Maroc.

- Le barattage permet d'obtenir des grains de beurre : on les lave pour accentuer l'évacuation du babeurre; cette opération doit s'effectuer en principe entre 10°C et 20°C (selon le type de crème).
- Le malaxage (nouvelle agitation plus lente de la masse formée) est un facteur de conservation, par pulvérisation des

gouttelettes de babeurre emprisonnées dans le beurre. Il permet aussi de régler l'humidité et d'accomplir le salage (celui-ci donne du goût au beurre et améliore également sa conservation).

Beurre fondu

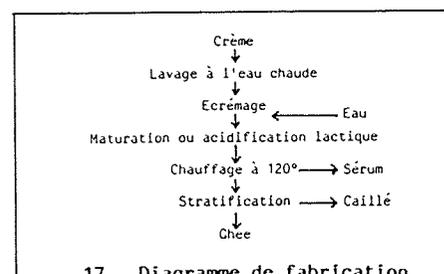
Dans certains pays chauds - en Inde avec le ghee, dans les pays du Maghreb avec le smen - le beurre est fondu et mis en conserve. Il est donc consommé sous forme de produits huileux. Il est important de noter que cette " cuisson " du beurre peut détruire les germes microbiens qui étaient en quantité importante dans un beurre fabriqué sans pasteurisation du lait (1).

Sur le plan de la conservation, le beurre fondu offre deux avantages supplémentaires :

- il est facilement conditionné en récipients hermétiques,
- les risques de fermentation sont beaucoup plus faibles car il n'y a presque plus d'eau dans le produit : on a extrait de l'huile de beurre, de conservation aisée.

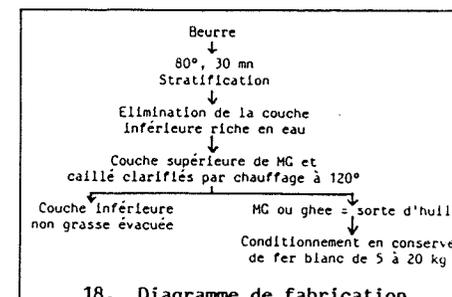
Il n'y a d'ailleurs pas si longtemps, le beurre fondu constituait la matière grasse de réserve de bien des campagnes françaises...

Nous donnons ci-contre le mode d'obtention du Ghee à l'échelle industrielle (à l'échelon artisanal, on fait simplement bouillir le beurre sur le feu).



17. Diagramme de fabrication de GHEE à partir de crème

(1) Dans ces pays, le beurre est fabriqué artisanalement par barattage d'un lait fermenté (acidifié).



18. Diagramme de fabrication de GHEE à partir de beurre

* Le smen

Le même nom couvre de multiples préparations. Parfois c'est simplement du beurre stocké dans une jarre plâtrée, gardée à l'obscurité et au frais pour faire mûrir le beurre. C'est plus souvent un beurre bouilli, avec des aromates, puis filtré et toujours mis en jarre fermée hermétiquement. On obtient un produit d'environ 81 % de MG, 13 % d'eau, 1,5 % de sel.

Chez les nomades, le beurre de lait de chèvre est fondu avec un agent clarificateur, l' " oufroun " (2), à 100°-120°, 30 mn. Après écumage des impuretés, le beurre fondu est versé dans des peaux de bête ficelées ou en jerricans et bidons. Le beurre se conserve jusqu'à 1 an dans les grottes à 2 000 m d'altitude.

2.3.5. Les fromages

* L'utilité d'une industrie fromagère

Le développement d'une industrie fromagère dans les PVD paraît tout à fait souhaitable, du triple point de vue du producteur laitier, du transformateur et du consommateur :

- la fabrication de fromages de durée de conservation suffisante peut permettre d'absorber les à-coups de production.

(2) Composé de dattes concassées, corne de mouton ou feuilles, par exemple de feuilles de mouton pubescente. Le clarificateur agglomère toutes les impuretés et le sable plus lourd tombe au fond.

Prenons le cas du Mexique où la production laitière atteint son maximum en été (saison des pluies), alors que la consommation de lait est au plus bas (vacances des enfants scolarisés); à cette époque, les grandes compagnies laitières réduisent leurs approvisionnements, ce qui pénalise le producteur; le développement d'une activité fromagère par des minilaiteries pourrait offrir un débouché alternatif à la production laitière.

- comme nous l'avons vu, le lait frais, pasteurisé ou stérilisé reste de faible consommation dans les PVD, sans que l'on puisse en accuser son prix de vente (il suffit d'observer les volumes des ventes de sodas multinationaux dans les quartiers populaires, pour se rendre compte que le prix n'est pas le principal facteur de rejet). Dans beaucoup de pays on a cherché à développer la consommation de lait auprès des marchés captifs (cantines scolaires par exemple) et des habitudes de consommation ont certainement été créées.

Toutefois, les marchés des laits de consommation restent encore limités et pour développer son activité l'entreprise devra diversifier ses productions: l'activité fromagère avec ses multiples variétés de produits, constitue une solution de choix.

- pour le consommateur, les fromages représentent une source de protéines nobles, de conservation relativement facile.

* Le problème du lactosérum

Avant d'aborder en détail la technologie fromagère, soulignons-en un des défauts: la fabrication de fromage est un moyen de concentration des éléments nutritifs du lait mais c'est un moyen imparfait car certains des éléments nutritifs (lactose et éléments solubles minéraux ou non) ne se retrouveront pas dans le fromage et seront évacués dans le lactosérum.

Comment valoriser le lactosérum? Dans les pays tempérés, le porc a été le principal intermédiaire de valorisation du sérum, qui se transformait ainsi en viande. Mais dans les PVD, la viande de porc est sujette à multiples contaminations (notamment

parasitaires) et fait souvent l'objet d'interdits religieux. Les pays développés ont récemment lancé d'autres modes de valorisation comme l'extraction de poudre de lactosérum; toutefois ce procédé est coûteux en énergie, nécessite des investissements très élevés et la rentabilité du système est assez discutable (le produit est utilisé pour l'aliment du bétail).

* Rares industries fromagères traditionnelles dans les PVD

Lorsque l'on s'efforce de reconstituer l'histoire de la fabrication d'un fromage "traditionnel" dans un pays du Tiers Monde, on découvre bien souvent à leur origine des européens, qui aboutirent dans ces régions pour des raisons diverses:

- immigrants à la recherche de la bonne fortune et voulant valoriser un savoir faire domestique,
- membres de congrégations religieuses cherchant à la fois à conserver certaines de leurs habitudes alimentaires et à susciter le développement d'activités productives dans leur pays d'adoption.

Nantis de notions ou de connaissances de technologie laitière, ils les appliquèrent à la matière première locale; déroutés par les caractéristiques du lait indigène, ils durent peu à peu modifier ces recettes et leurs successeurs et émules poursuivirent l'adaptation du produit. C'est ainsi que la plupart des fromages des PVD ont un ancêtre plus ou moins lointain parmi les fromages européens.

Pourquoi cette absence de tradition fromagère dans les PVD? Nous mentionnerons plusieurs arguments:

- une activité laitière souvent assez limitée,
- une durée de vie du lait plus longue, grâce à ce pouvoir bactériostatique spécifique du lait des pays chauds; la fabrication des fromages était moins nécessaire,
- la perte de sérum considérée comme un gaspillage,
- des conditions de température peu propices à la fabrication de fromages, etc.

Mais même si la fromagerie n'est pas une activité traditionnelle, elle a souvent été bien assimilée par les populations locales; citons le cas d'un fromage mexicain réputé, au nom typique "oaxaca", et qui correspond à une vieille recette sicilienne...

Parmi les fromages que l'on rencontre le plus fréquemment dans les PVD, on trouve:

- un fromage sec assez ressemblant à l'Herrgavörst suédois, et qui dériverait du Saint Paulin ou du Gouda.

L'explication de la généralisation de ce type de fromage provient sans aucun doute de ses facilités de conservation: plus un fromage est sec et mieux il se conserve et moins il pose de problèmes de fabrication. Le lait arrivait en fabrication dans des conditions assez mauvaises et on ne procédait pas toujours à sa pasteurisation. Lors de la maturation, la plupart des fromages avaient tendance à se gonfler sous l'influence de fermentations intempestives; estimant que la qualité de la matière première ne pouvait s'améliorer, les techniciens fromagers adaptèrent le processus de fabrication et produisirent un fromage sec, dur et salé (résultat d'un séjour prolongé en saumure).

- un fromage blanc, encore appelé fromage frais: fromage très humide (70% au moins d'humidité), ce fromage correspond en fait aux recettes les plus variées.

Venons-en maintenant à la technologie et aux grands principes de la fabrication des fromages.

* La fabrication des fromages: Généralités

Nous nous limiterons ici aux principes de base de la production fromagère; pour plus d'informations, le lecteur se reportera à l'abondante littérature spécialisée.

La formation du fromage résulte de deux phénomènes: le **caillage** et l'**égouttage**. Sous l'influence de l'acidification et/ou de la présence d'enzymes (voir ci-dessous) le lait coagule: c'est le phénomène du **caillage**.

Après la formation de ce gel (et parfois

même avant), intervient un second phénomène qui, pourrait-on dire, tend à détruire les effets du premier. Au cours de l'**égouttage**, le caillé (résultat du caillage) se contracte et expulse une partie de l'eau qu'il contient; mais cette eau qui s'écoule emporte avec elle une partie des éléments solubles (sels, lactose, protéines solubles, etc.): c'est le lactosérum.

Le caillage peut se réaliser sous l'influence de deux phénomènes:

- **acidification**: un lait abandonné à lui-même s'acidifie sous l'influence des ferments lactiques et lorsqu'il atteint une acidité suffisante (un pH de 4,7), il coagule spontanément. C'est le caillage lactique. Le caillage lactique s'emploie surtout pour les fromages frais car le gel obtenu a peu de tenue et laisse facilement s'écouler le lactosérum.

- **action enzymatique**: la coagulation peut également se faire sous l'action d'enzymes (on utilise couramment la "présure", extraite de la caillette de veau). En ce cas, le caillé est beaucoup plus ferme; l'extraction du sérum nécessitera un pressage.

Suivant le type de fromage désiré, on peut pratiquer tous les intermédiaires possibles entre le caillage acide et le caillage enzymatique.

On sépare toujours caillé et lactosérum (contrairement au cas des laits fermentés où il n'y a pas d'opération d'égouttage). Le caillé ou fromage frais servira de matière première pour une gamme immense de fromages.

Le travail du fromager consistera à diriger les proliférations microbiennes en agissant sur les conditions de milieu, l'addition de sel, l'ensemencement en ferments sélectionnés, etc.

* La classification des fromages

Nous ne prétendons pas réaliser une classification encyclopédique des fromages du monde, mais simplement identifier les opportunités de produit qui s'offrent aux minilaiteries, en mentionnant les implications technologiques.

LES GRANDS TYPES DE FROMAGES

TYPE	CARACTERISTIQUES	EXEMPLES
FROMAGES FRAIS	Caillé surtout lactique (coagulation lente) Egouttage jamais poussé Humidité importante Pas d'affinage	- Semi-pâteux : petit suisse - Solide mixte (1) : Chèvre frais, Queso Blanco - Solide toujours frais : Mimas, Labaneh, Surati
FROMAGES AFFINES	Intervention d'un affinage	
* Pâte molle	Affinage mais pas de pressage	- Camembert, Fêta
* Pâte pressée non cuite	Caillé mixte Pressage	- Saint Paulin - Teleme, Beynaz Peynir - Fromages semi-durs grecs
* Pâte pressée cuite	Caillé présure Brassage et chauffage du caillé Pressage	- Parmesan (Reggiano) - Gruyère
* Autres types	Technologies un peu particulières	
- Pâtes filées	Filetage du caillé	- Oaxaca
- Fromages très secs	Déshydratation poussée	- Chèvre sec - Fromage du pourtour du Sahara
- Fromages fondus	Fusion de fromages	- Cancoillotte, fromages à tartiner...

(1) Un fromage mixte est un fromage que l'on peut consommer frais ou affiné.

Les fromages frais

On en trouve de nombreux exemples dans le Tiers Monde. Ils sont de fabrication rapide et simple et ne nécessitent pas de locaux d'affinage puisqu'ils sont commercialisés immédiatement après la fabrication. Par contre, ils se conservent peu et sont assez déminéralisés. Dans certains cas, il s'agit simplement de l'égouttage d'un yaourt non étuvé mais on ajoute généralement un peu de présure pour accélérer la coagulation.

Pour le transformateur laitier, le fromage frais offre plusieurs intérêts puisqu'il peut constituer un complément de gamme rentabilisant la distribution de produits laitiers frais (lait, yaourt, laits fermentés...); de plus, lorsque le fabricant doit reprendre les invendus chez les détaillants, il peut les utiliser pour la fabrication de certains fromages frais.

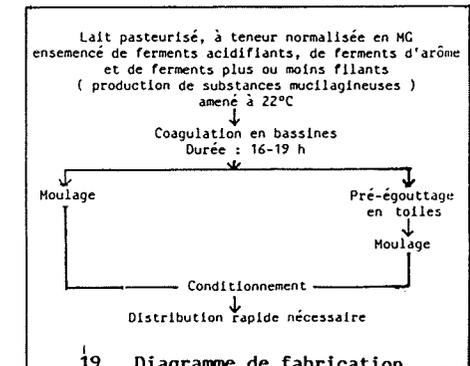
On peut distinguer essentiellement deux grandes catégories de fromages frais : les fromages frais moulés et les pâtes fraîches.

Fromages frais moulés

Le caillé est introduit dans des moules où il commence à perdre son sérum; on distribue d'ailleurs souvent les fromages frais dans leurs propres moules de fabrication, qui sont ensuite récupérés par le vendeur.

Il s'agit d'une technologie simple ne nécessitant que peu d'équipements, mais la

plupart des opérations doivent être effectuées en atmosphère réfrigérée (+ 15° C par exemple), sinon l'égouttage serait trop intense produisant un fromage frais plutôt desséché.

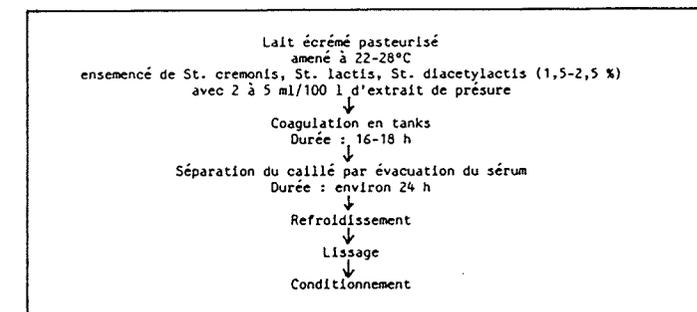


19. Diagramme de fabrication de FROMAGE FRAIS MOULE

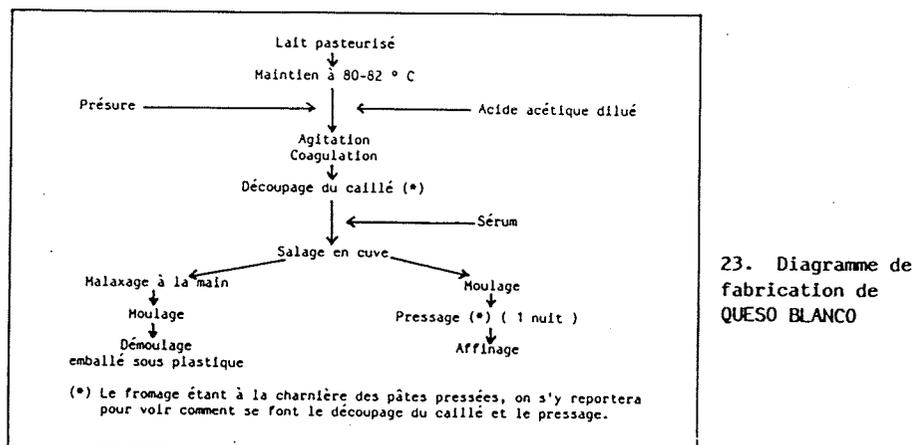
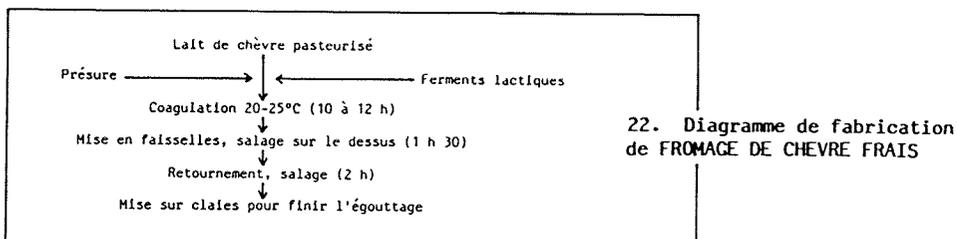
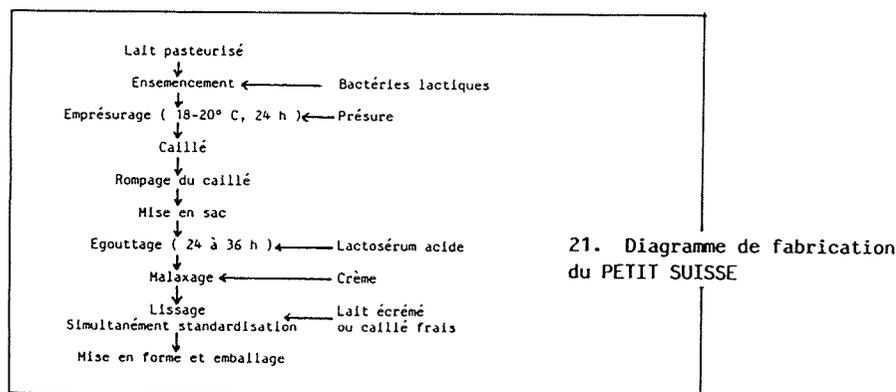
Pâtes fraîches ou fromages frais " lissés "

Il s'agit de fromages de type " petit suisse " ou " demi-sel ". La coagulation reste de type nettement lactique.

On peut utiliser comme matière première du lait cru de récupération (très acide), mais dans les pays chauds il vaut souvent mieux



20. Diagramme de fabrication de FROMAGE MAIGRE LISSE



partir de lait pasteurisé sous peine de subir une acidification trop forte et mal contrôlée.

L'élimination du sérum est plus facile lorsque le produit contient moins de matière grasse : on peut donc utiliser préférentiellement du lait écrémé.

Après coagulation en cuve, le caillé doit être égoutté; on peut pour cela utiliser plusieurs techniques :

- répartition du caillé dans des faisselles (petits moules percés de trous) disposées sur des plateaux et empilées;
- répartition du caillé dans sacs à caillé, en toile nylon, d'une capacité de 35 litres environ. Ces sacs sont empilés et éventuellement pressés de temps à autre pour favoriser l'évacuation du sérum;
- filtration du caillé sur toile filtrante (toiles en nylon pouvant contenir jusqu'à 200 l de caillé et suspendues à des rails). Par oscillations et pressage de la toile, on provoque l'écoulement du sérum;
- centrifugation : technologie inadaptée aux minilaiteries.

Le produit obtenu est en général lissé : on passe la pâte dans une lisseuse à caillé (genre d'homogénéisateur).

Le produit est alors conditionné.

Quelques exemples de procédés de fabrication de fromages frais

- * Petit suisse (caillé lissé)

De taille variable, il contient au moins 40 % de MG.

- * Chèvre frais (double présentation)

Autour de 50 % de MG. Petit fromage de poids inférieur à 200 g.

- * Minas (fromage brésilien)

A partir de lait de vache, on fait un fromage de 1 kg environ. Le sel est ajouté en cuve. On met le caillé en faisselles comme pour le chèvre ci-dessus. Il est parfois moulé dans des moules de bois et on

le presse à la main. Le fromage gardé deux jours en chambre froide continue à exsuder du sérum lorsqu'il est emballé en sac plastique.

- * Queso Blanco

C'est le fromage d'Amérique latine subissant quelques modifications d'un pays à l'autre. C'est encore un fromage mixte, que l'on peut affiner de deux semaines à deux mois ou consommer frais dès sa fabrication. Il sera dans ce cas pressé mais non affiné. Il est blanc, très salé, acide et crémeux.

Le moulage s'effectue souvent en moules de bois perforés.

- * Labaneh (Jordanie / Moyen Orient)

L'acidification est spontanée, le lait étant placé dans une baratte dans une chambre à incuber (30°) pendant deux jours. Le caillé est mis en sac pour l'égouttage 14 heures puis formé à la main en fromage et emballé sous plastique.

- * Surati ou Pamir (Inde)

Le lait entier de bufflesse est pasteurisé puis ensemencé en ferments lactiques et présure. Il est rapidement mis dans des paniers en bambous revêtus de sel et ainsi égoutté et retourné, puis égoutté de nouveau. Le sérum filtré est versé dans des récipients en terre où l'on dispose les fromages pour leur commercialisation.

Les fromages affinés

L'affinage du fromage présente une double finalité :

- accroître la durée de conservation du produit : ceci est obtenu par déshydratation progressive du fromage et action bactériostatique du sel.

En fait la déshydratation n'est pas un objectif en soi, car l'élimination d'eau s'accompagne évidemment d'une perte de poids et d'une relative réduction de

volume : compte tenu du pouvoir d'achat de la clientèle, on ne pourra pas toujours compenser cette perte de rendement par une élévation du prix de vente. Dans certains cas, on s'efforcera donc au contraire d'empêcher cette déshydratation.

- modifier les caractéristiques organoleptiques du produit : c'est lors de l'affinage que le fromage va acquérir sa personnalité, sous l'influence en particulier des micro-organismes; le type de maturation dépendra de l'oxygène, de l'humidité, du salage, de l'acidité, des ferments, etc.

Comme pour les fromages frais, la fabrication des fromages affinés est théoriquement à la portée des minilaiteries puisqu'elle peut se réaliser avec des équipements simples. Il s'agit toutefois d'opérations délicates puisque faisant appel aux biotechnologies : on doit en général pouvoir disposer de locaux frais où le fromage réalisera sa maturation.

Locaux frais, contrôle hygiénique strict de la matière première et des conditions de fabrication, suivi qualifié : telles sont les principales conditions de réussite de l'affinage des fromages.

Les conditions d'affinage

L'affinage n'est pas sans poser certains problèmes dans les pays chauds. Il a lieu en

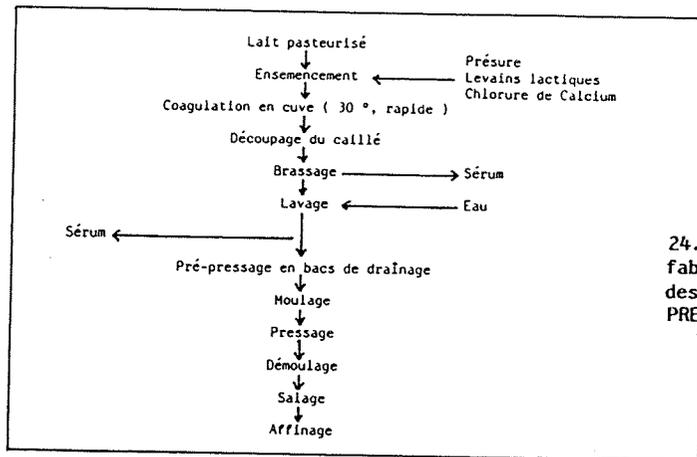
effet dans un local bien défini par des caractéristiques de :

- température assez basse qui règle le développement microbien et l'activité des enzymes,
- l'humidité relative élevée qui règle l'activité microbienne,
- l'aération qui assure les besoins en oxygène de la flore superficielle.

A titre d'exemples, les conditions d'affinage pour quelques fromages sont notées dans le tableau ci-dessous.

Fromages	Durée en jours	Température en ° C	Humidité en % d'humidité relative
Pâtes pressées	12 à 40	12 à 15	90 à 95
- St Paulin, Edam	12 à 40	12 à 15	90 à 95
- Cantal, Cheddar	45 à 300	5 à 12	87 à 95
Pâtes cuites			
- Emmenthal	7 à 25	10 à 15	50 à 85
cave froide	25 à 60	18 à 25	50 à 85
cave chaude			
- Comté	7 à 25	9 à 10	80 à 85
cave froide	30 à 90	15 à 20	80 à 85
cave chaude			

Après le salage, on fait sécher généralement les fromages quelques jours en local frais (10 à 14°C) à 60-80 % d'humidité relative. La conservation après affinage se fait en chambre froide (moins de 5°C).



24. Diagramme de fabrication type des FROMAGES A PATE PRESSEE NON CUIE

Dans les pays tempérés, ces conditions de locaux d'affinage sont facilement réalisables. Encore maintenant on se contente de climatiser dans certains cas les locaux par des moyens purement naturels (orientation des bâtiments, disposition des ouvertures).

Dans les PVD, la température extérieure est en général trop élevée pour permettre un affinage naturel. Dans ces conditions, on peut soit recourir à une climatisation des locaux (l'air circule grâce à un ventilateur, se charge d'humidité au contact des fromages puis va se refroidir et se dessécher au contact d'une batterie froide), soit cantonner la production de fromages affinés à certaines zones privilégiées (zone d'altitude par exemple) ou à certaines périodes plus fraîches. Le recours à l'air conditionné pour les stockages de plusieurs mois entraînerait en effet des dépenses énergétiques considérables.

Dans certains cas, on conseillera l'affinage du fromage dans des caves semi-enterrées qui maintiendront des conditions appropriées de température et d'humidité.

Mais l'on peut aussi réduire considérablement la durée des périodes d'affinage, c'est solution souvent adoptée dans les laiteries des PVD mais qui affecte le goût du

produit. On obtient des fromages en effet assez fades pour un palais européen, mais auxquels le consommateur local semble habitué.

Pâtes pressées non cuites

Elles font intervenir le pressage du caillé qui accélère l'évacuation du sérum donc durcit la pâte (déshydratation). Les fromages sont généralement plus gros que les fromages frais pour faciliter l'action des presses et parce qu'ils se tiennent mieux (plusieurs kilos).

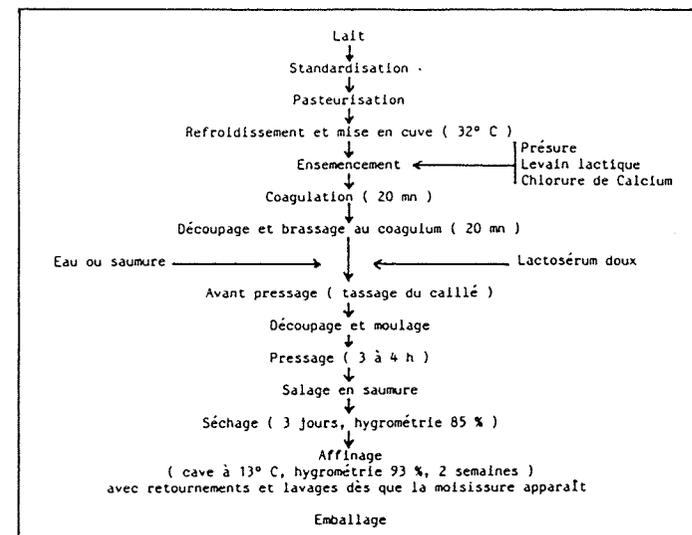
Tous ces fromages s'obtiennent par caillage enzymatique.

Un approvisionnement en lait de bonne qualité est absolument indispensable.

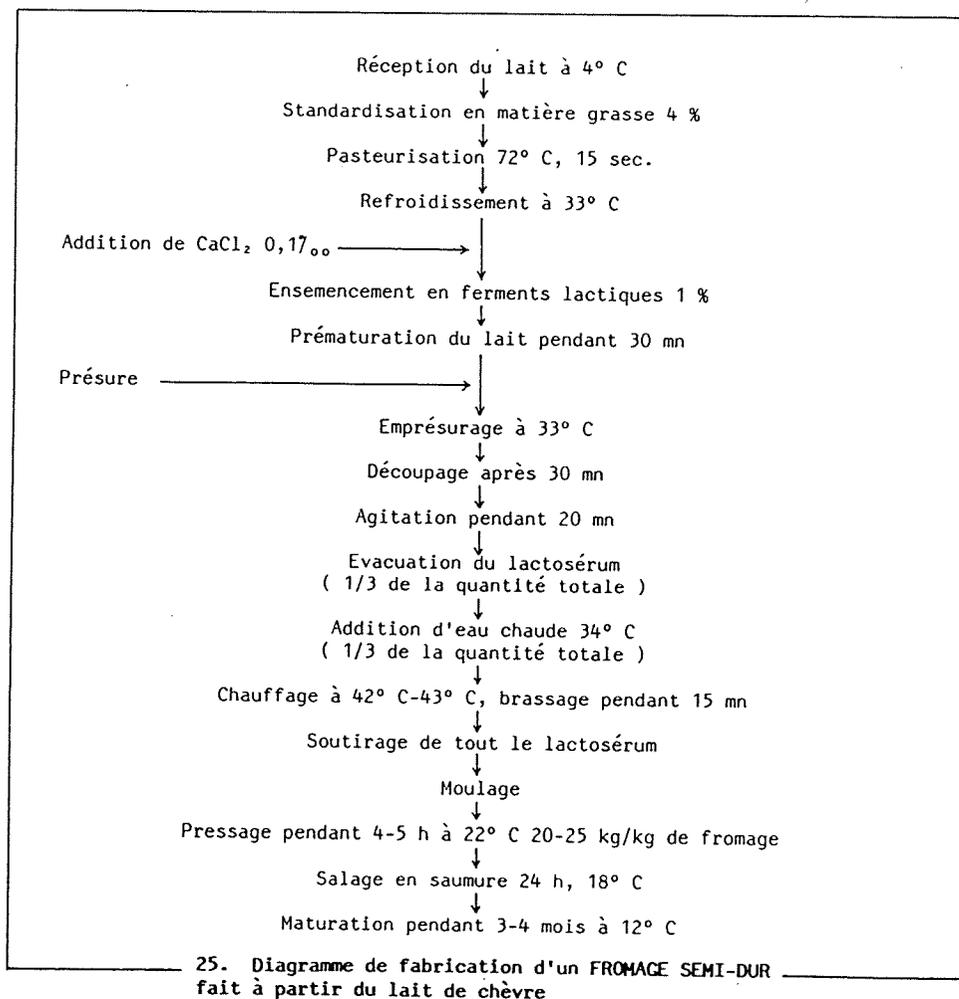
Nous indiquerons le mode de fabrication type des fromages à pâtes pressées, puis les variantes des principaux fromages de cette catégorie.

* Saint Paulin et Hollande

Ils ont connu un certain succès dans les PVD.



26. Diagramme de fabrication de SAINT-PAULIN



Pour les fromages de Hollande, le pressage dure 14 h (Edam) ou 24 h (Mimolette), le salage est prolongé et l'affinage dure 1 à 3 mois.

* Cheddar

Fromage qui semble aussi être du goût des consommateurs étrangers (Inde mais aussi Maghreb, Mexique - fromage Chihuahua).

Lors du processus de cheddarisation, on maintient le caillé chaud et on dégage le maximum de sérum; on découpe le pain de caillé en parpaings que l'on retourne toutes les demi-heures. Peu à peu le produit s'acidifie et prend une consistance caoutchouteuse. Ensuite on sale, on met en moule et on presse.

* Fromage de chèvre semi-dur de Grèce

A 30 % de MG, il ressemble à l'Edam (Hollande) et constitue une diversification des produits grecs à base de lait de chèvre et de brebis (essentiellement entre le yaourt et la féta).

* Beynaz Pejir (Turquie) ou Teleme (Grèce)

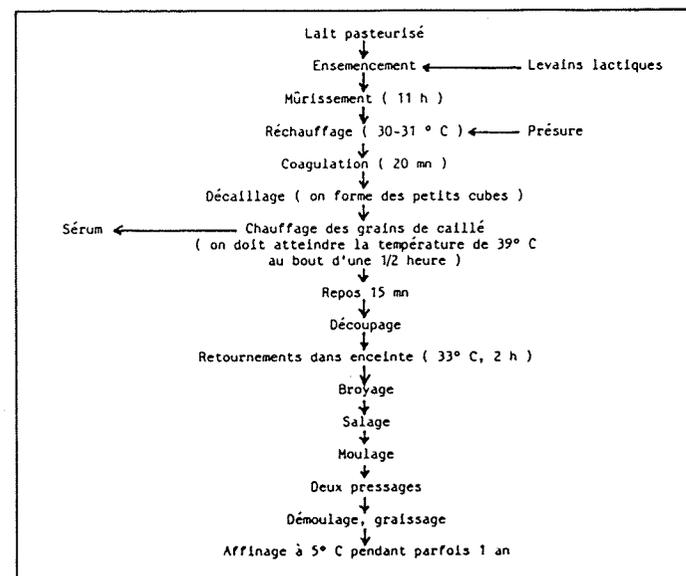
Il est fait à partir du lait de brebis.

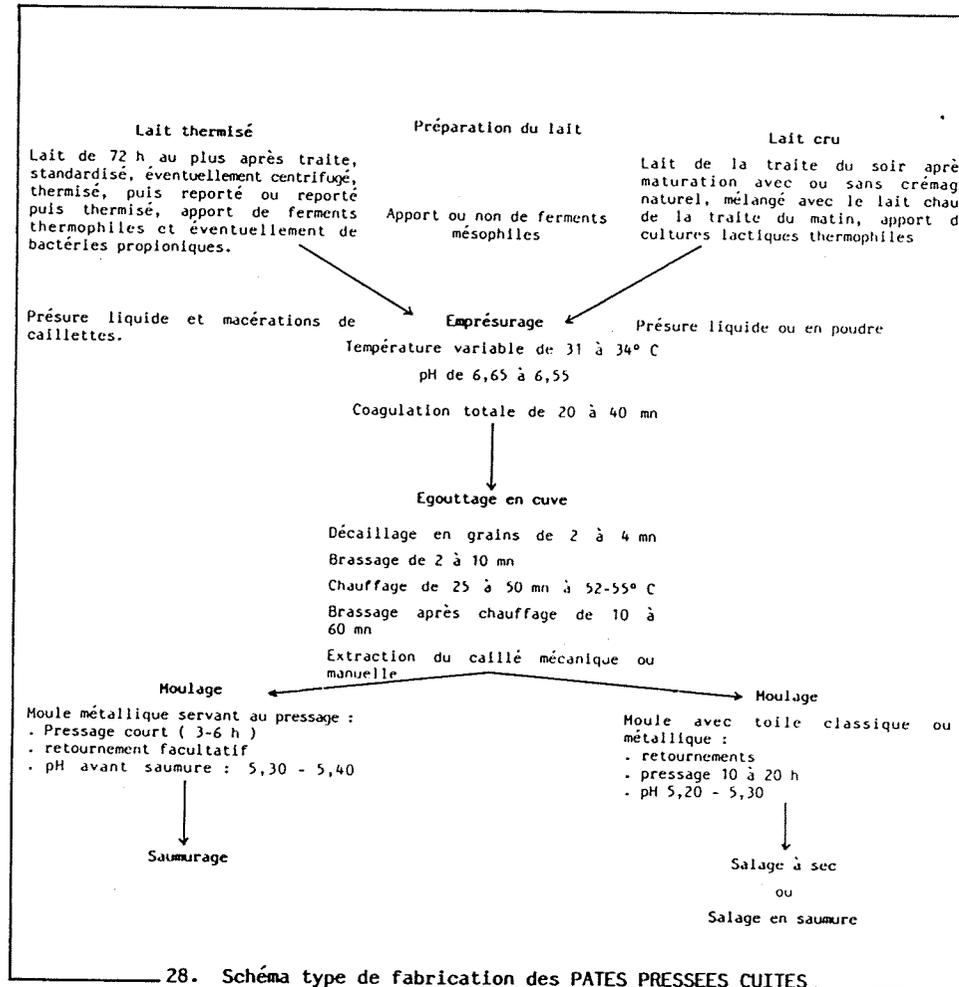
La particularité réside dans le fait qu'on affine le fromage dans une boîte métallique (souvent un bidon de récupération de 20 à 25 l.) que l'on ferme.

Après le pressage, découpage en petits cube, mise en bidon fermé avec un bain de saumure. Une ouverture avec un bouchon permet de changer le bain périodiquement toutes les deux semaines environ pendant 2 ou 3 mois. Le couvercle est scellé pour 2 à 6 mois au total. Après quoi on récupère des morceaux de fromage que l'on met avant consommation dans l'eau ou le lait bouilli pour atténuer le goût très salé.

* Cotija

Ce fromage, que l'on trouve au Mexique, est un fromage assez sec (45 à 50 % d'extrait sec), nécessitant seulement 2 semaines d'affinage et de prix de revient relativement faible.





Cette performance est obtenue par l'utilisation abondante d'additifs :

- le lait (de vache) est tout d'abord presque totalement écrémé, avant de lui incorporer des matières grasses végétales : la MG végétale coûtant nettement moins cher que le beurre, la substitution s'avère tout à fait rentable. Pour accroître la teneur en extrait sec, on rajoute souvent de la fécule de pomme de terre. Ce mélange nécessite bien sûr une homogénéisation.

- après caillage présure, on égoutte en sacs de toile. On pétrit alors la pâte en boules de 10 kg avec du gros sel; la pâte est ensuite mise en moules de 40 kg avec une toile de jute et on presse toute la nuit.

On stocke le fromage une semaine dans un endroit frais pour parfaire l'égouttage, les fromages sont alors cerclés dans une bande métallique et conservés une semaine avant d'être décerclés, frottés et vendus.

On a donc là un exemple de fromage contenant d'importantes quantités d'additifs : adultération ? optimisation ? économie de matière ? De telles pratiques sont-elles à encourager ? à proscrire ? Il faut en tout cas être très prudent vis-à-vis de ces

méthodes et surveiller qualité sanitaire et valeur nutritionnelle des produits obtenus.

Pâtes pressées cuites

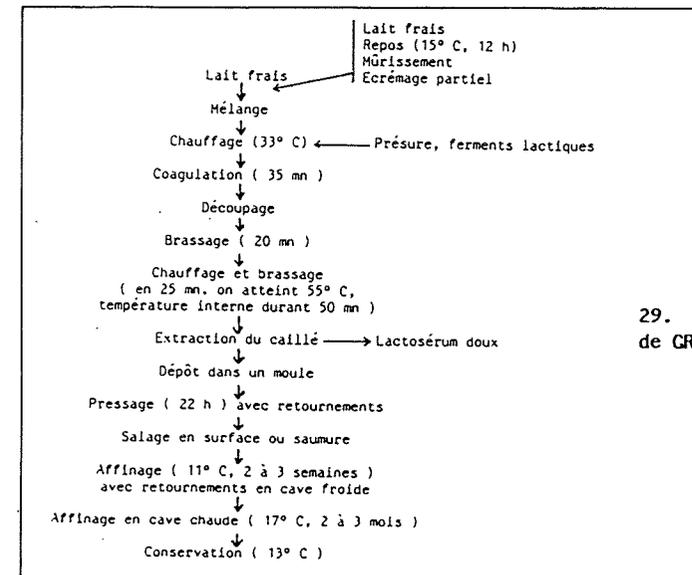
Une déshydratation plus poussée est obtenue grâce à un chauffage du mélange caillé-sérum qui se sépare mieux. Ce chauffage est plus ou moins prolongé mais de limite à 55°C.

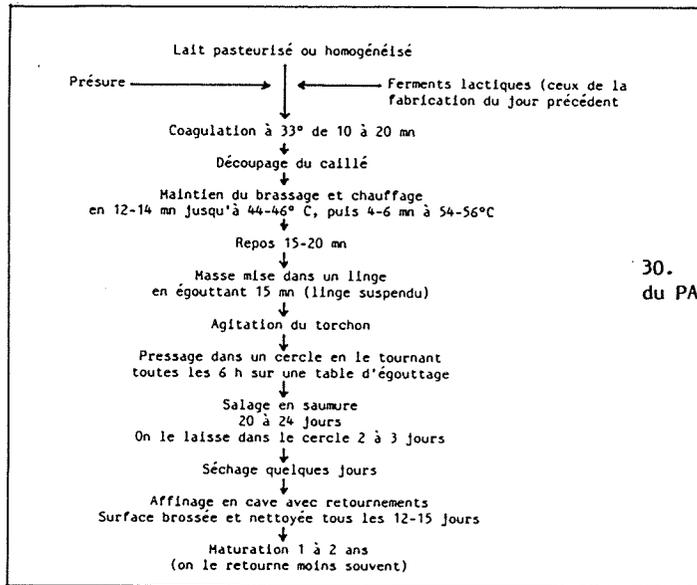
L'affinage est souvent long (au minimum plusieurs mois). Les fromages sont de grande taille (plusieurs dizaines de kilos) et un problème de fabrication aura des conséquences financières importantes. Ce type de production impose donc des conditions d'affinage très précises et un contrôle rigoureux.

Le lait de préparation peut être pasteurisé. Dans certains fromages, ceci est interdit pour conserver certains germes pour le goût. Mais on pourra toujours envisager la thermisation aux dépens du goût.

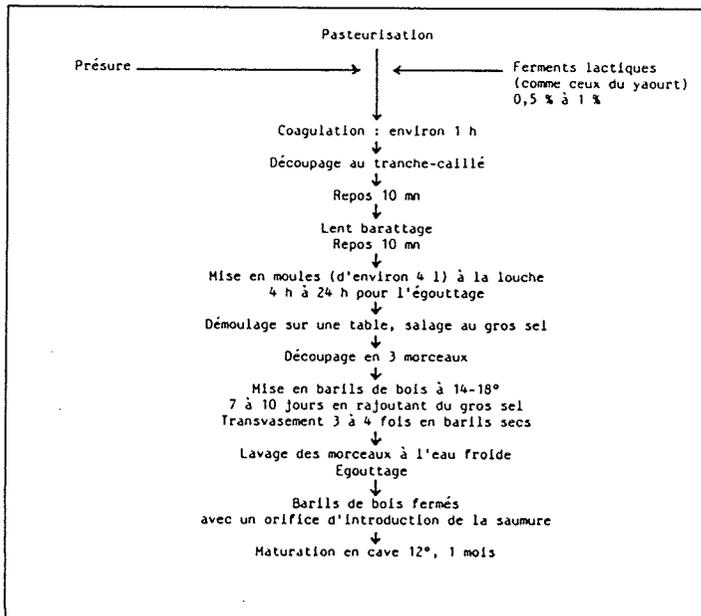
* Gruyère ou Comté

Il se fabrique encore aujourd'hui avec des ateliers très traditionnels et des moyens





30. Diagramme de fabrication du PARMESAN



31. Diagramme de fabrication du FETA

réduits (simples cuves en cuivre, presses).

* Parmesan (ou Reggiano ou Parmigiano)

Il s'est largement implanté dans les pays d'Amérique latine grâce notamment à sa durée de conservation (fromage très sec).

Les fromages à pâte molle

Nous parlerons peu des pâtes molles, fromages généralement peu adaptés au contexte des pays chauds. Nous mentionnerons toutefois une variante un peu particulière qui constitue l'un des fromages les plus répandus du Bassin Méditerranéen : le Feta. Il est fait de lait de brebis mais on peut faire aussi du Feta avec du lait de vache. Il y a une parenté avec le Teleme, cité plus haut, mais il n'intervient aucun pressage dans le Feta.

Les fromages à pâte filée

Dans certains pays de l'Est, en Italie, au Mexique, on trouve ces fromages à pâte

molle filée, dont le caillé est travaillé après une préparation semblable à celle des pâtes pressées mais sans lavage du grain de caillé.

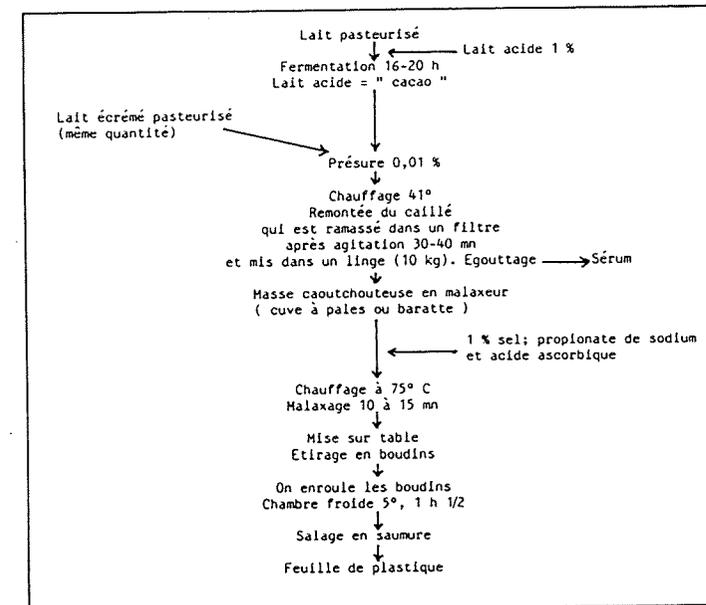
Le caillé est malaxé, étiré, modelé manuellement ou à la machine. Le produit ayant atteint sa forme est refroidi rapidement, séché et salé. Il peut être affiné ou non.

* Oaxaca (Mexique)

Fromage en forme de pelote, de 100 g à 3 kg de lait de vache. Technologiquement, c'est un intermédiaire entre une pâte cuite et un fromage fondu.

Au Mexique, l'opération est souvent réalisée manuellement dans de petites fromageries (traitant 3 000 à 5 000 litres de lait par jour); le travail de malaxage d'une masse de pâte brûlante est extrêmement pénible. Il existe toutefois des équipements spécifiquement adaptés (voir chapitre consacré aux équipements).

On peut travailler du lait cru (pasteurisation facultative) : on caille le lait déjà acide et on le brasse dans son sérum; le caillé remonte à la surface et on le récupère.



32. Diagramme de fabrication du OAXACA

Fromages très secs

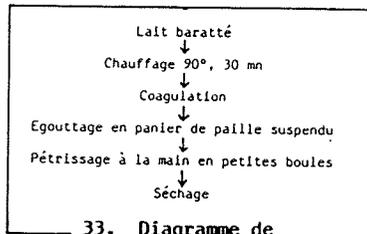
* Mimolette

On utilise pour la mimolette (fromage de Hollande, très proche de l'Edam cité plus haut) un séchage supplémentaire par étuvage. On a déjà veillé à fabriquer une pâte sèche par égouttage poussé (l'élévation de température lors du dernier brassage y contribue et le lavage lors de ce dernier brassage est très restreint). Le passage en saumure est prolongé.

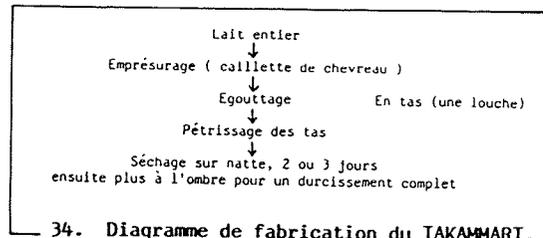
Après la maturation en cave (6 mois au minimum), on gratte le fromage et on l'enduit d'huile de lin, puis on l'expose pendant un temps variable, suivant l'effet à obtenir (1/4 étuvé, 1/2 étuvé, étuvé) à une atmosphère très sèche et chaude (30 à 35°C). Ceci peut être réalisé dans une étuve. Le fromage perd alors une partie de son humidité. L'huile de lin permet de parer aux rétractions et fendillements.

* Chèvre sec

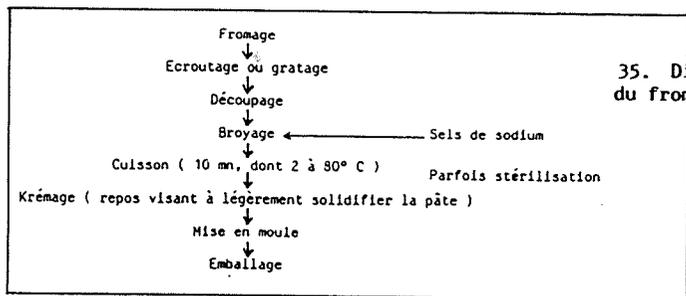
Sans pressage ni cuisson, on peut obtenir un fromage sec à partir de fromage de chèvre



33. Diagramme de fabrication des AOULES



34. Diagramme de fabrication du TAKAMMART



35. Diagramme de fabrication du fromage fondu

frais (cf. fromage frais) que l'on met sur claies dans un lieu de très grande circulation d'air en le retournant régulièrement. Un affinage en cave sèche et assez chaude pendant plusieurs mois permet aussi de sécher un fromage.

* Fromages de nomades

Ces fromages sont tellement secs qu'ils se réduisent en poudre. Contrairement aux autres fromages, on ne leur ajoute pas de sel (le sel est rare). Seul l'air sec de ces régions assure séchage et conservation.

- Les Aoules

Ils sont faits à partir du babeurre acidifié résultant du barattage. Ils sont donc issus de lait écrémé aigri.

- Le Takammart

Fromage d'environ 40 g à 7 % d'eau.

Fromages fondus

Les fromages fondus connaissent un succès

certain, non seulement dans les pays "fromagers" (en particulier dans les pays nordiques) mais aussi au Moyen Orient et en Amérique latine.

Un fromage fondu est obtenu par la fonte de fromage frais, de fromage affiné ou d'un mélange des deux et se présente généralement sous forme de pâte à tartiner, conditionnée en boyaux ou en portions sous emballage d'aluminium.

De matière sèche comprise entre 40 % et 50 %, ils se conservent aisément plusieurs semaines hors du réfrigérateur et semblent donc bien adaptés aux PVD.

On peut envisager la fabrication de fromages fondus sous deux optiques :

- valorisation de déchets; les minifromageries sont souvent très éloignées des centres de consommation, ce qui les oblige à avoir un centre de commercialisation dans la capitale; dans le centre de commercialisation, on installe par exemple un petit four STEPHAN qui permet la fabrication de fromage fondu à partir des déchets de découpe ou des retours de fromage ou des invendus. La fabrication de fromage fondu permet généralement de couvrir les frais du comptoir de vente.

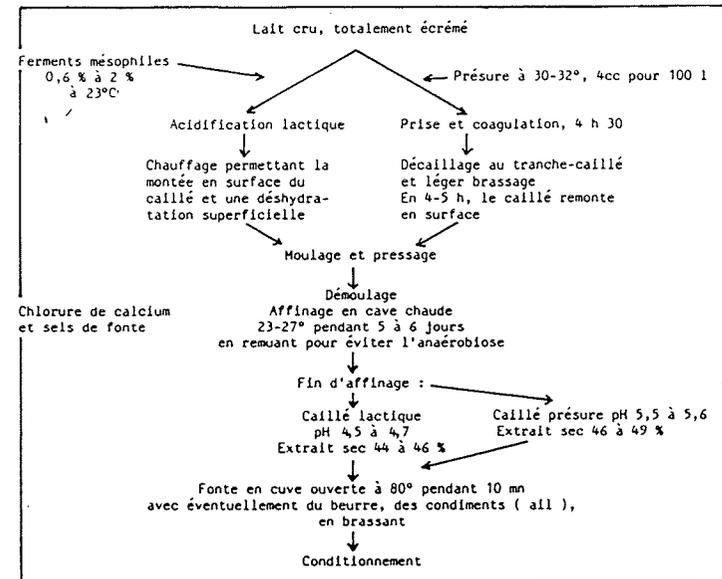
- fabrication d'un produit adapté à un marché : cette fois on ne vise pas une valorisation de déchets mais on fait du fondu une production fromagère à part entière.

La technologie est assez délicate : on risque en effet des séparations de phase gras-eau-matière sèche non grasse; mais il s'agit néanmoins d'une activité accessible aux minilaiteries : le produit sera alors présenté sous forme de pâte à tartiner, conditionnée en conserve ou en pots de verre (mise en pots comme pour les yaourts ou en conserve comme le lait concentré).

* La Cancoillotte

Un type particulier de fromage fondu est représenté par la "Cancoillotte" (Est de la France). La préparation obtenue à partir de lait écrémé, caillé, fermenté, brassé est ensuite fondue avec addition éventuelle de beurre et de condiments pour être vendue en pots. Il faut environ 100 kg de lait cru écrémé pour obtenir 7,8 kg de Cancoillotte. Le fromage se prépare en trois phases :

- fabrication du "metton" ou caillé
- affinage du metton
- fonte du metton.



36. Diagramme de fabrication de la CANCOILLOTE

3. LES EQUIPEMENTS POUR MINILAITERIES

3.1 LES EQUIPEMENTS POUR LAITS DE CONSOMMATION	58
3.1.1 Approvisionnement du lait	58
3.1.2 Stockage du lait avant traitement	58
3.1.3 Appareils de traitement thermique	60
3.1.4 Le conditionnement	68
3.2 LES EQUIPEMENTS POUR LAITS FERMENTES	73
3.3 LES EQUIPEMENTS POUR CREMES ET BEURRES	75
3.4 LES EQUIPEMENTS POUR FROMAGES FRAIS	77
3.5 LES EQUIPEMENTS POUR FROMAGES AFFINES	79
3.6 LA CUVE : ELEMENT-CLEF D'UNE MINILAITERIE	83
3.7 AUTRES EQUIPEMENTS ET POSTES DE L'INSTALLATION	84
3.7.1 Laboratoire	84
3.7.2 Pompes et raccords	84
3.7.3 Nettoyage et désinfection	84
3.7.4 L'eau	85
3.7.5 Electricité	85
3.7.6 Air comprimé	85
3.7.7 Eau chaude et vapeur	86
3.7.8 Le froid	87
3.8 LES MINILAITERIES COMPLETES	89
3.8.1 Teclifrance	89
3.8.2 Alfa-Laval	90
3.8.3 Actimonde/BEFS	90
3.8.4 Geere SA	91
3.8.5 Packo	92
3.8.6 Minifromageries Alfa-Laval	92

Le présent chapitre est consacré à la description des équipements utilisables en minilaiteries; faute d'une enquête mondiale, nous nous sommes essentiellement limités aux matériels disponibles en France, ou du moins en Europe.

Nous indiquerons le mode de fonctionnement et donnerons des éléments d'évaluation sur leur opportunité d'installation dans une minilaiterie.

Nous avons fait figurer également des ordres de grandeur de prix de matériel et à ce sujet nous voudrions faire plusieurs remarques :

- nous avons beaucoup hésité à inclure des prix dans un ouvrage qui ne sera pas réactualisé avant plusieurs années; mais un test auprès de quelques utilisateurs potentiels de notre document a montré que ce type d'information était indispensable.
- les prix indiqués correspondent à des prix 1985 pour des matériels livrés en France. Il faudra donc actualiser et tenir compte d'éventuels coûts de transport supplémentaire.
- en général les prix annoncés correspondent à des équipements bruts, or, on devra bien souvent acquérir des périphériques. Prenons le cas d'un pasteurisateur à

plaques : l'échangeur à plaques seul pourra coûter 50 000 FF pour 600 l/h mais l'installation de pasteurisation comprendra obligatoirement une régulation, un enregistreur et un bac de lancement qui doubleront largement le prix de l'installation.

Nous rassemblerons les équipements en grandes catégories :

- laits de consommation (y compris conditionnement)
- laits fermentés
- crème et beurre
- fromages frais
- fromages affinés.

Beaucoup d'équipements seront bien sûr communs aux différents types de produits et nous conseillons au lecteur de consulter l'ensemble du chapitre, même s'il n'est intéressé que par un type de produit : la fabrication d'un fromage pourra nécessiter un système de pasteurisation du lait (voir laits de consommation), un écrémage partiel (voir crème et beurre), etc.

3.1. LES EQUIPEMENTS POUR LAITS DE CONSOMMATION

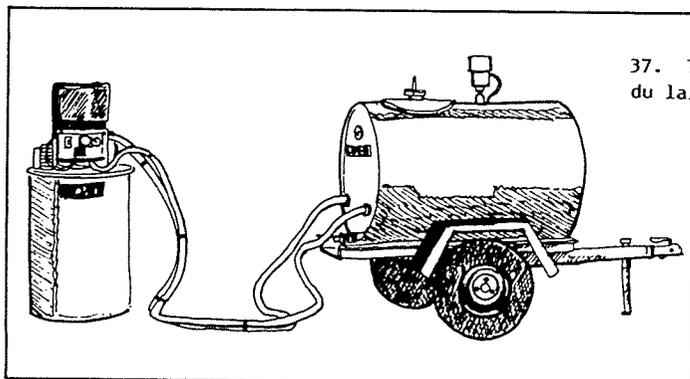
3.1.1. Approvisionnement du lait

La qualité de la matière première est très importante surtout si on la destine à une pasteurisation haute ou un traitement UHT. Mais compte tenu des défenses propres du lait des pays chauds, il ne paraît pas nécessaire d'investir dans un système de collecte sophistiqué (surtout pour une minilaiterie qui peut se permettre d'avoir un rayon d'approvisionnement relativement limité) sous régime de froid : un contrôle très strict de l'hygiène des récipients peut s'avérer suffisant.

Si la solution de collecte sans réfrigération est choisie, il faut alors instaurer une discipline stricte de lavage (lavage à l'eau froide, traitement à l'hypochlorite, séchage), utilisation rapide des récipients lavés (délai de 24 heures), etc.

A moins d'être situé dans une zone de grandes étables, la collecte s'effectuera en bidons, qui iront directement à l'usine ou transiteront par un centre de réfrigération (solution que nous déconseillons formellement dans le cas d'une minilaiterie).

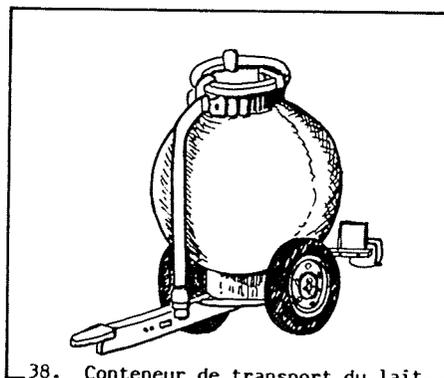
Pour le transport de grandes quantités de lait d'un même producteur, il existe des solutions intermédiaires entre le bidon et le camion-citerne; nous en donnons ci-dessous quelques exemples :



37. Tank mobile de transport du lait (Document PACKO)

* Conteneurs de transport ou stockage

Coûts	Constructeurs
5 400 F. à 14 200 F.	ETA : Boule conteneur de transport avec possibilité d'isolation et de thermoplongeur. 230 l à 1 800 l.
	PACKO : Tanks mobiles à partir de 450 l.



38. Conteneur de transport du lait (Document ETA)

* Tank refroidisseur à eau glacée ou accumulation de glace

On trouve des modèles PACKO à partir de 800 l., ALFA-LAVAL à partir de 450 l. (ALFA-LAVAL, RFA), CHALON-MEGARD à partir de 2 000 l. et JAPY pour les plus petites capacités.

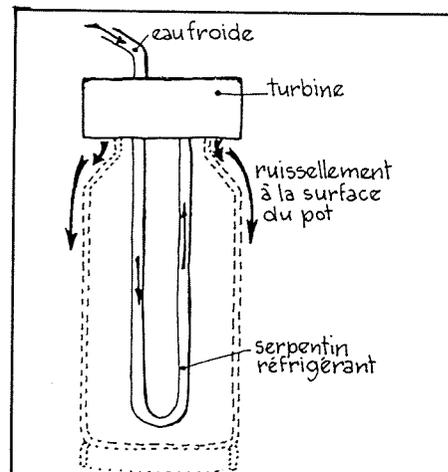
Mais rappelons que ce type d'équipement, tout-à-fait efficace, n'a d'intérêt que si une analyse préalable a montré la nécessité d'un approvisionnement sous régime de froid.

3.1.2. Stockage de lait avant traitement

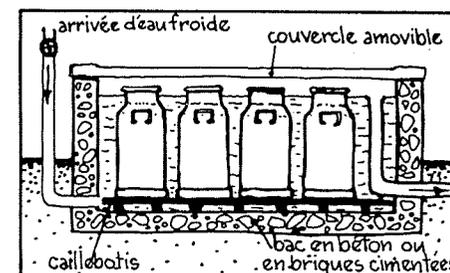
Il est toujours conseillé de traiter le lait dès réception. On peut toutefois, en cas d'approvisionnement massé, devoir recourir à des stockages de courte durée; en ce cas, un refroidissement du lait est conseillé. Les systèmes disponibles sont multiples depuis le refroidissement en pot (avec une eau froide naturelle ou produite par un compresseur) jusqu'au refroidissement en cuve.

* Refroidissement en pot

Système simple, aisément réalisable par un artisan local, permet d'échapper à une contamination due à un transvasement mais refroidissement relativement lent (absence d'agitation).



40. Système de réfrigération des pots de lait (Document VEISSEYRE)



41. Bac réfrigérant à circulation d'eau froide pour refroidissement des pots de lait (Document VEISSEYRE)

* Cuve de refroidissement

Cuve comprenant dans sa paroi un évaporateur et couplée avec un compresseur (Alfa-Laval).

On fait circuler dans l'enveloppe du fond de la cuve un fluide frigorigène qui en s'évaporant refroidit le lait.

Ce type de matériel est plutôt utilisé en Europe comme cuve de refroidissement du lait à la ferme mais peut être utilisé en laiterie pour faire baisser la température du lait reçu; il paraît toutefois utile d'étudier l'alternative pasteurisation-refroidissement du lait dès réception en échangeurs à plaques et stockage éventuel en chambre froide.

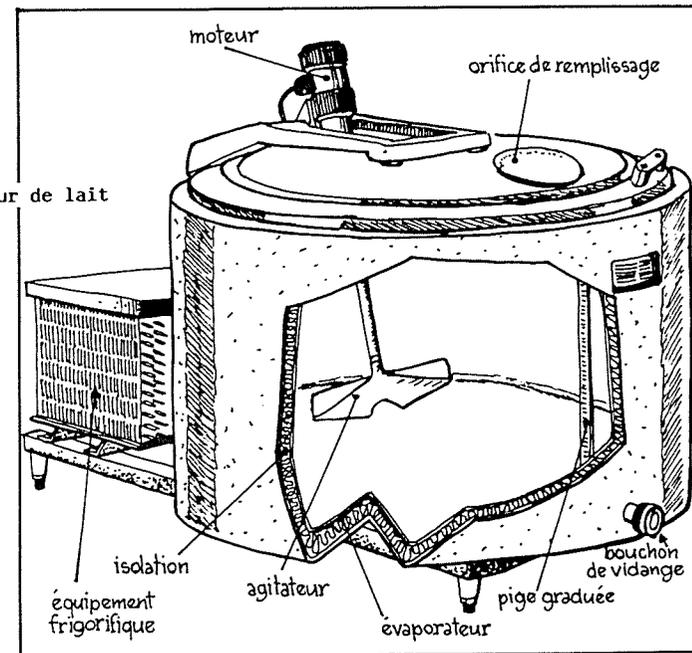
On peut de plus utiliser des cuves polyvalentes permettant traitement thermique et refroidissement.

Parmi les fabricants de cuve, citons JAPY, SERAC, MULLER, PIERRE GUERIN...

	DISCONTINU	CONTINU
PASTEURISATION		
Types de matériels	Cuves	- A échangeurs : - pasteurisateurs à plaques - Past. électrique
Avantages	- Coût d'investissement plus faible - Polyvalence : utilisation possible en stockage et refroidissement à d'autres phases du process	- Rapidité - Economie d'énergie - Précision dans les barèmes (montée en température, séjour, refroidissement)
Inconvénients	- Durée plus longue des changements thermiques - Utilisable seulement en pasteurisation basse	- Coût d'investissement élevé - Matériel sophistiqué généralement importé
STERILISATION		
Types de matériels	Autoclaves statiques ou rotatifs	Stérilisateur UHT
Avantages	- Productivité élevée - Valeur nutritive du produit bien respectée - Economie d'énergie - Traitement en vrac	- Investissement faible - Simplicité d'utilisation - Utilisation pour de multiples types de conditionnement et de produits
Inconvénients	- Coût élevé - Nécessite une matière première d'excellente qualité - Matériel sophistiqué - Débit minimal élevé	- Productivité faible - Importante consommation d'énergie - Dégradation du produit (traitement thermique poussé)

42. Traitement thermique continu ou discontinu : les avantages et inconvénients respectifs

39. Tank refroidisseur de lait
(Document ALFA-LAVAL)



3.1.3. Appareils de traitement thermique

On peut souvent les considérer comme le cœur, le centre névralgique d'une laiterie. Le système de traitement thermique représenté (avec parfois le système de conditionnement) le principal poste de l'investissement, et il importe de le choisir judicieusement.

Le choix du système dépend :

- du type de produit que l'on veut fabriquer :
 - . lait de consommation ou matière première de fromagerie
 - . lait stérilisé ou lait pasteurisé.
- du type de conditionnement le plus accessible (verre, carton imperméabilisé, plastique...)

- de la qualité de la matière première : un pasteurisateur à plaques utilisé en pasteurisation haute risque d'être bouché par la coagulation d'un lait trop acide...

- de la taille de l'installation

- etc.

On doit répondre aux alternatives suivantes :

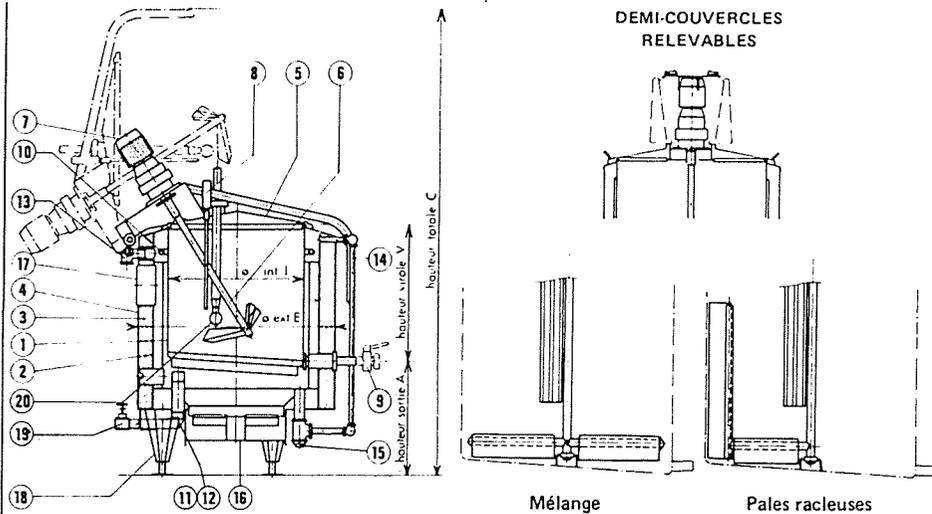
- . Pasteurisation ou stérilisation ? (thème traité p. 28)
- . Traitement en continu ou en discontinu ?
- . Traitement en vrac ou après conditionnement ?
- * **Traitement en continu ou en discontinu ?**

Le tableau ci-contre compare les avantages

Capacité	Constructeur - Type d'appareils	Coût
21 l	ELECREM - Cuve de pasteurisation au bain-marie. Chauffage gaz ou électrique	2 000 à 3 000 F.
160 l	PIERRE GUERIN - Chauffage bain-marie gaz ou électrique	36 000 F.
160 l à 600 l	PIERRE GUERIN - Chauffage vapeur, refroidissement par circuit d'eau glacée	42 000 à 49 000 F.
A partir de 225 l	APV - Cuve de pasteurisation par chauffage vapeur	
A partir de 300 l 1 000 l	PACKO - Cuves à échangeur de chaleur CHALON-MEGARD - Cuves à chauffage par vapeur détendue et refroidissement par circulation forcée d'eau froide (équipement plutôt utilisé pour la fermentation des crèmes)	
330 l	ALFA-LAVAL - Cuve à eau chaude	30 000 F.
500 l	ALFA-LAVAL - Chauffage vapeur	60 000 F.

43. Quelques constructeurs de cuves de pasteurisation

44. Exemple de cuve de pasteurisation à fond plat (160 à 600 litres) Chauffage électrique (Document Pierre GUERIN)



ACCESSOIRES STANDARDS

- | | |
|---|---|
| 1 - Cuve intérieure inox | 10 - Entrée rampe arrosage |
| 2 - Cuve médiane acier doux | 11 - Trop plein eau de refroidissement |
| 3 - Isolation paroi | 12 - Aspiration eau de refroidissement |
| 4 - Entourage inox | 13 - Trop plein de bain marie |
| 5 - Couvercle relevable | 14 - Niveau bain marie |
| 6 - Agitateur | 15 - Vidange totale |
| 7 - Moto-réducteur d'entraînement de l'agitateur
72 t/mn - 0,22 kW - 1500 t/mn | 16 - Brûleur à flamme pilote |
| 8 - Thermomètre à cadran | 17 - Evacuation des fumées |
| 9 - Sortie ϕ 38 avec vanne papillon, coude et embout cannelé - ϕ 51 : sur demande | 18 - Pieds réglables et semelles de répartition |

et les inconvénients des grandes catégories d'équipement de traitement thermique; il ne permet pas de trancher de façon universelle : ainsi un système en continu (pasteurisation ou stérilisation) sera pratiquement hors de portée d'une petite minilaiterie (inférieure à 3 000 l/j), alors qu'une unité de 5 000 l. pourra peut-être choisir un pasteurisateur à plaques, système techniquement le plus performant.

* Traitement thermique en vrac ou après conditionnement ?

Le traitement thermique en vrac est de loin le plus efficace, le plus productif et le moins coûteux en énergie puisque l'on peut chauffer directement le lait en couche mince et non le traiter à travers son emballage.

Toutefois, un traitement en vrac suppose un conditionnement ultérieur : or entre la fin du traitement thermique et la fermeture hermétique de la bouteille, du berlingot ou de la brique, le produit affronte des risques multiples de recontamination.

Dans le cas de la pasteurisation, on ne recherche pas la stérilité (de toutes façons, le traitement n'a pas détruit tous les germes, et le produit doit être conservé au froid pendant un temps limité) mais si la recontamination après traitement est trop importante, on risque de perdre tout le bénéfice de la pasteurisation; le bilan d'ensemble peut même être négatif puisque le traitement thermique aura détruit la capacité bactériostatique naturelle du lait.

La pasteurisation en continu doit donc être maniée avec précaution, c'est-à-dire dans des conditions d'hygiène strictes.

Dans le cas de la stérilisation, le respect de conditions d'hygiène ne suffit plus : il faut pratiquer un véritable conditionnement aseptique, c'est-à-dire empêcher toute pénétration de micro-organismes dans le produit entre la fin de traitement thermique et le thermosoudage du produit fini.

Au contraire, lorsque le traitement thermique est assuré après conditionnement, le risque de contamination n'existe plus : on peut donc être moins strict sur les conditions

d'hygiène (ce qui n'autorise toutefois pas un trop grand laxisme, car un produit trop fortement contaminé exigerait des conditions de traitement qui nuiraient considérablement à sa qualité).

Nous allons présenter maintenant quelques modèles de ces différents types d'équipement.

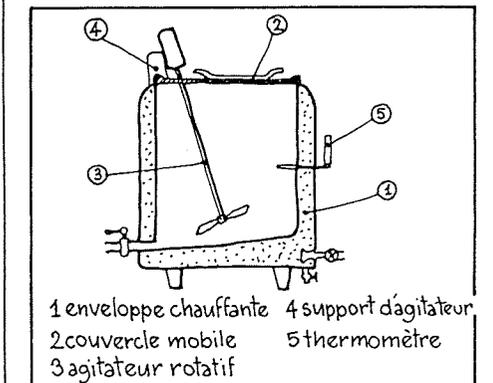
* Cuves de pasteurisation

La cuve est fermée hermétiquement par un couvercle pour éviter les contaminations et réduire les pertes en énergie.

Il s'agit en général d'une cuve à double enveloppe : on injectera entre les deux enveloppes de la vapeur (ou de l'eau chaude) pour la montée en température et de l'eau glacée pour assurer le refroidissement après pasteurisation.

Dans le cas d'un chauffage à vapeur, l'installation nécessitera une chaudière qui enverra la vapeur dans la cuve. Dans le cas d'un chauffage à eau chaude, l'eau est généralement chauffée directement dans la cuve soit à l'aide de brûleurs à gaz, soit par résistances électriques; mais on peut aussi approvisionner la cuve en eau chaude ou préchauffée (un préchauffage solaire permettra par exemple d'importantes économies d'énergie).

Le refroidissement devra se faire par eau



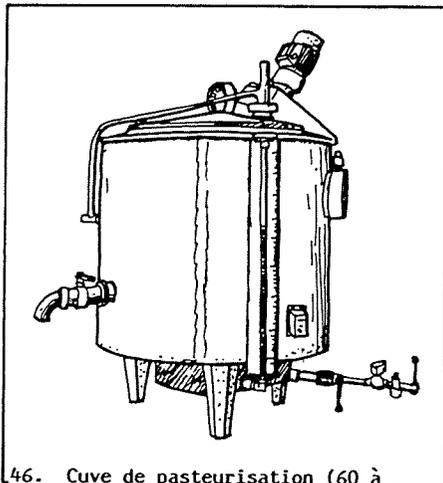
45. Schéma de Cuve de pasteurisation (Document VEISSEYRE)

glacée, ce qui nécessitera des équipements frigorifiques (voir § 3.7.8., p.87)

L'agitation est un facteur primordial pour homogénéiser et accélérer le chauffage et éviter les brunissements par surchauffes ponctuelles.

Le matériel est simple et polyvalent puisqu'il peut être utilisé pour le refroidissement.

On peut pasteuriser le lait en bouteilles dans des cuves plus simples (simples cuves isolées, alimentées en eau chaude) : il suffit de disposer les paniers de bouteilles et de remplir d'eau chaude à la température voulue pendant le temps voulu.



46. Cuve de pasteurisation (60 à 600 litres). Chauffage gaz, électrique ou vapeur (Document Pierre GUERIN)

* Pasteurisateurs à échangeurs de chaleur

C'est le système le plus performant. On y pratique la pasteurisation basse ou haute, en vrac et en alimentation continue. Les transferts de chaleur sont bien meilleurs qu'en cuve et d'autre part, comme nous l'avons vu, des sections de récupération de chaleur (par échange entre lait entrant et lait sortant) permettent de réduire considérablement la consommation d'énergie.

L'échangeur fonctionne sur le principe du transfert de chaleur entre deux liquides à travers une paroi mince; un cycle de pasteurisation comprend plusieurs étapes :

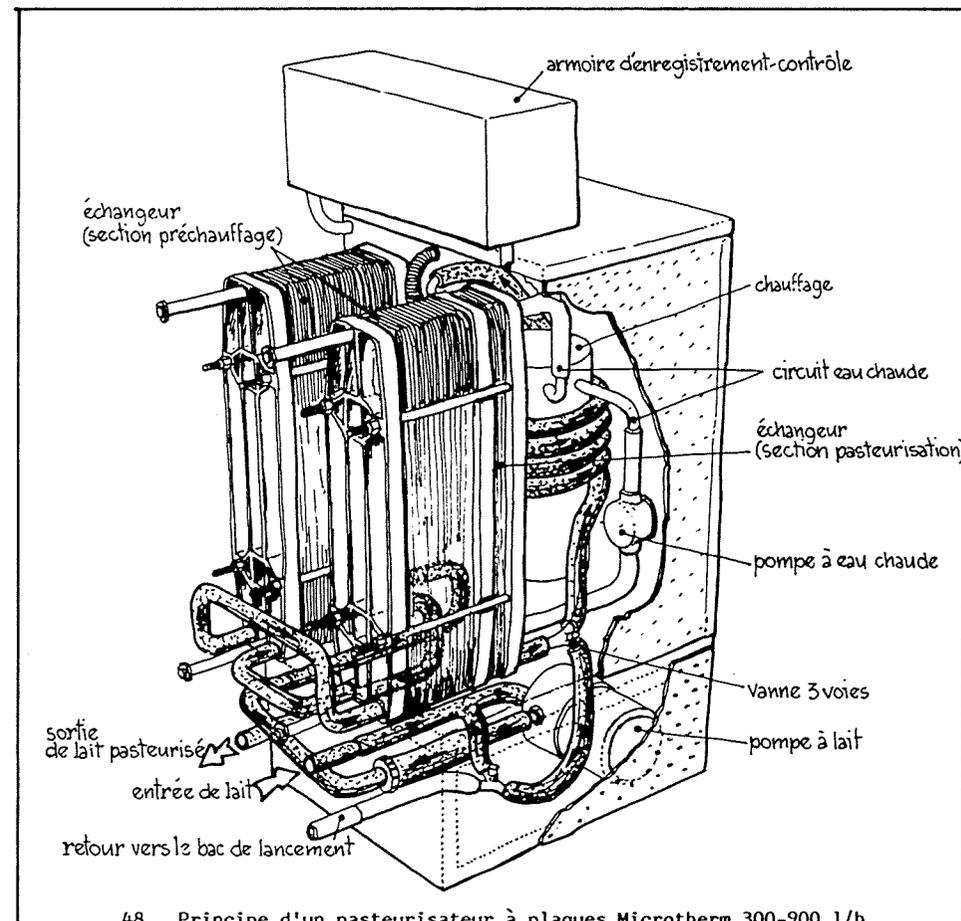
- préchauffage du lait froid entrant par le lait chaud sortant (après pasteurisation,
- chauffage du lait préchauffé par de l'eau chaude (ou de la vapeur),
- prérefroidissement de lait chaud pasteurisé par le lait froid entrant,
- refroidissement du lait prérefroidi par de l'eau glacée.

D'excellents coefficients d'échange thermique (à travers une paroi mince) et les récupérations de chaleur entre laits sortant et entrant procurent des consommations énergétiques très faibles : 9 kw pour 900 l/h, soit un taux de récupération d'énergie proche de 95 %.

Ce transfert est réalisé dans des échangeurs à plaques.

Capacité	Constructeur - Type d'appareils	Coût
1 000 l/h 1 000 l/h Tous débits	SORDI - Pasteurisateur à plaques BARRIQUAND - Echangeur à plaques PIERRE GUERIN - Echangeur à plaques BURTON - CORBLIN - Echangeur	80 000 à 90 000 \$
600 l/h	ALFA-LAVAL - Pasteurisateur avec production d'eau chaude MICROTHERM	140 000 F.
A partir de 450 l/h 400 à 900 l/h	APV PACKO - Pasteurisateur à plaques	55 000 F.

47. Quelques constructeurs d'échangeurs de chaleur



48. Principe d'un pasteurisateur à plaques Microtherm 300-900 l/h (Document ALFA-LAVAL)

Capacité	Constructeur - Type d'appareils	Coût
200 à 550 l/h	ACTINI - (avec compresseur frigorifique pour le refroidissement)	200 l 50 000 F. 400 l 65 000 F. 500 l 90 000 F.
500 à 1 400 l/h	GEERE SA	500 l 90 000 F. 700 l 103 600 F. 1000 l 123 900 F. 1400 l 151 900 F.

49. Quelques constructeurs de pasteurisateurs électriques

- les échangeurs à plaques

L'échangeur à plaques contient une série de plaques, qui sont cannelées pour augmenter les transferts de chaleur. Entre les plaques circulent alternativement et en sens inverse fluide de chauffe et lait.

Ces échangeurs sont utilisés pour chauffer et refroidir tous les produits assez fluides.

* Pasteurisateurs à infrarouges

La pasteurisation est réalisée grâce à un rayonnement infrarouge (produit par une résistance électrique) qui pénètre à travers un tube de quartz (modèle GEERE) dans lequel circule le liquide; la destruction des micro-organismes provient de la montée en température liée à l'absorption du rayonnement IF par le lait..

Cette section infrarouge est généralement couplée avec des sections de préchauffage et de refroidissement du type d'un échangeur à plaques performant, permettant 93 % de récupération de l'énergie engendrée.

Son principal avantage réside dans la commodité de l'installation : un seul

branchement électrique suffit, pas besoin d'alimentation en vapeur ou en eau chaude.

La consommation électrique reste faible : 10,5 kw pour 100 l/h, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celle du pasteurisateur à plaques.

Pasteurisateurs solaires

Les recherches sont en cours afin d'utiliser le rayonnement solaire comme source de chaleur pour réchauffer et pasteuriser le lait. Une surface parabolique concentre les rayons du soleil et les réfléchit sur un tuyau contenant le liquide; la mise au point de tels appareils présenterait, comme on l'imagine, de très grands avantages en pays chauds.

* Stérilisation en autoclaves

C'est un traitement en discontinu. L'autoclave est une marmite hermétique dans laquelle on admet de la vapeur (dans certains cas, l'autoclave produira sa propre vapeur par chauffage à gaz ou électrique); l'appareil est fermé hermétiquement, ce qui permet une montée de la pression dans l'enceinte :

Capacité	Constructeur - Type d'appareils	Coût
50 à 800 boîtes 4/4	BROUILLON - BIAUGAUD - MECANIQUE DE SURESNES - Autoclave statique LAGARDE - Autoclaves statiques ou rotatifs	à partir de 20 000 F

50. Quelques constructeurs d'autoclaves

Capacité	Constructeur - Type d'appareils	Coût
A partir de 1 500 l/h	ALFA-LAVAL	de l'ordre d'1 million de francs
A partir de 1 000 l/h	STORK	
A partir de 1 000 l/h	HOLSTEIN UND KAPPERT	

51. Quelques constructeurs de stérilisateurs UHT

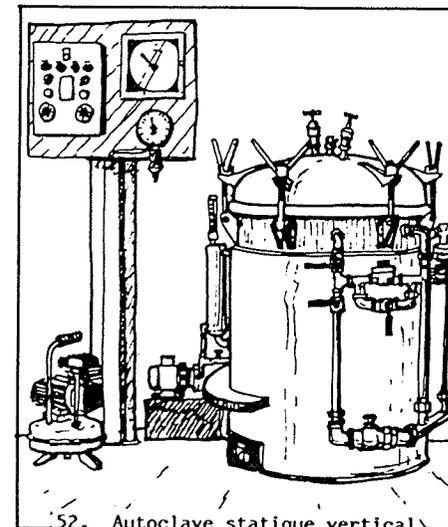
l'accroissement de pression s'accompagnant d'un accroissement de température, on parvient rapidement à des températures élevées (120°C par exemple) qui permettent (avec un temps de séjour suffisamment long) la destruction totale des micro-organismes.

Les produits à stériliser sont disposés dans des paniers métalliques que l'on introduit dans l'autoclave à l'aide de palans (cas des autoclaves verticaux) ou de chariots (cas des autoclaves horizontaux). On ferme l'autoclave, on alimente en vapeur, on laisse le temps voulu à la température de stérilisation puis on alimente en eau froide pour assurer le refroidissement.

Pour réduire l'intensité de la stérilisation, on fait en général une préstérilisation dans un pasteurisateur classique (ce qui fait déjà baisser considérablement le degré de contamination).

Sur le plan des investissements, il faut donc prévoir l'installation d'un autoclave et d'un pasteurisateur.

Notons qu'il existe des autoclaves rotatifs : le produit subit à l'intérieur de l'enceinte un mouvement de rotation qui homogénéise la chaleur, accélère les échanges thermiques et évite les brunissements.



52. Autoclave statique vertical
(Document BROUILLON)

* Stérilisation en continu par UHT

Ce type de stérilisateur nous paraît totalement inadapté aux minilaiteries des pays en voie de développement : coût de l'équipement, régularité indispensable de la matière première, conditionnement aseptique, débit standard horaire minimum : 2 000 l/h, etc.

* Appareils couplés au pasteurisateur

Centrifugeuse

On peut adjoindre au pasteurisateur une centrifugeuse pour réaliser une séparation des boues et un écrémage (voir équipement " Crème et beurre ").

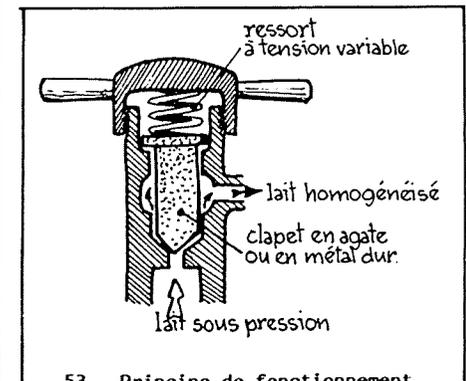
Homogénéisateur

Il facilite le mélange matières grasses-matières non grasses et la stabilité de ce mélange (évitant ainsi une séparation des composants).

Comme nous l'avons vu, cet équipement n'est pas souvent indispensable dans une minilaiterie.

Dans ce type d'appareil, le lait doit forcer un passage étroit où les globules gras sont pulvérisés par un clapet à ressort.

Ces appareils fonctionnent en continu.



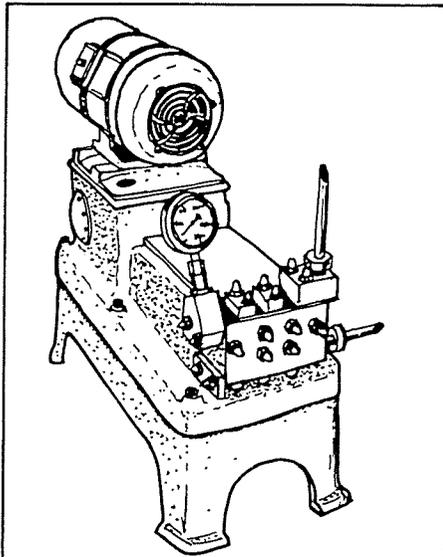
53. Principe de fonctionnement
d'un homogénéisateur type CAULIN
(Document VEISSEYRE)

Constructeurs : ALFA-LAVAL, SORDI, STORK, MAGYAR (à partir de 50 l/h), PIERRE GUERIN (à partir de 40 l/h), APV (à partir de 270 l/h).

Opération indispensable pour le lait stérilisé, l'homogénéisation l'est moins pour le lait pasteurisé, d'autant plus que le lait homogénéisé a tendance à rancir plus vite que le lait normal.

L'homogénéisation et l'écémage se réalisant mieux à température assez élevée, on a souvent tendance à les placer entre les sections de préchauffage et de pasteurisation de l'échangeur à plaques : par exemple après un préchauffage à 35°C, le lait est envoyé au poste "écémage-standardisation" d'où il revient vers l'échangeur pour être chauffé à 60°C; nouvelle dérivation vers l'homogénéisation puis retour à l'échangeur pour la pasteurisation. Le passage en dérivation étant facultatif, le pasteurisateur devient une véritable centrale de "dispatching".

Mais ce système pratique et performant n'est envisageable que pour les plus grandes des minilaiteries.



54. Homogénéisateurs 60 à 3000 l/h
(Document Pierre GUERIN)

3.1.4. Le conditionnement

Il s'agit là d'un autre choix fondamental dans la conception d'une minilaiterie, du fait de l'importance des coûts d'investissement et de fonctionnement engendrés par le conditionnement du lait.

On peut retenir quatre grands types de conditionnement utilisables tant pour le lait pasteurisé que pour le lait stérilisé : bouteilles en verre, bouteilles plastique, briques de carton et sachets de polyéthylène.

Le tableau ci-contre présente les avantages et les inconvénients de chaque système.

Avant de choisir le type d'équipement, il faudra bien s'assurer d'une régularité d'approvisionnement en films, bouteilles, granulés, etc. De même une évaluation précise du coût spécifique du personnel de maintenance sera indispensable. Mais bien sûr de telles règles ne sont pas spécifiques au conditionnement...

* Conditionnement en bouteilles de verre

Nous donnerons quelques exemples de machines à embouteiller (des équipements analogues sont utilisables pour le remplissage des yaourts).

Ces équipements, qui assurent le dosage et le remplissage, peuvent être manuels, semi-automatiques ou automatiques, avec un ou plusieurs bords verseurs; on en trouve de capacités très variables.

Remplisseuse double à pédales (voir fig. 56)

Les deux plateaux élévateurs actionnés par deux pédales distinctes permettent de placer un emballage pendant que l'autre se remplit.

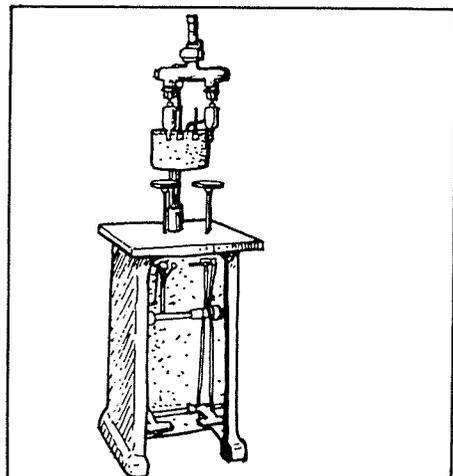
Une cuve, en charge, se vide dans l'emballage, présenté au bec, le remplissage s'arrêtant lorsque le niveau désiré est atteint.

Constructeur : MOM.

Capacité : 1000 à 1200 bouteilles (ou autres récipients) à l'heure. Capsulage non intégré. Coût : 30 000 F.

	Avantages	Inconvénients
Bouteilles de verre	<ul style="list-style-type: none"> - Equipement de conditionnement peu coûteux - Emballage récupérable et réutilisable - Emballage résistant qui se prête à la stérilisation après conditionnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts de transport plus important (poids des bouteilles) - Dégradation des matières nutritives du lait par la transparence du conditionnement - Approvisionnement en bouteilles pas toujours facile dans les PVD
Bouteilles plastique thermoformées	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricable dans l'usine - Légèreté - Forme spécifique possible - Possibilité de stérilisation - Réutilisation par le consommateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Forme relativement encombrante - Important coût d'investissement (extrudeuse à bouteilles); déconseillé pour les petites unités - Matière première généralement importée - Emballage non récupérable - Equipement sophistiqué nécessitant une maintenance qualifiée
Briques ou tétraèdres de carton	<ul style="list-style-type: none"> - Légèreté - Volume utile maximum - Opacité à la lumière : meilleure conservation de produit - Facilité d'impression - Prix de revient de l'emballage faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Important coût d'investissement (unité de formage des emballages à partir de grandes bobines de carton) - Emballage non récupérable - Exclusivité de fourniture des bobines de carton par le constructeur de l'équipement - Equipement sophistiqué, nécessitant une maintenance qualifiée
Sachets de polyéthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Faible prix de revient de l'emballage - Equipement relativement peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> - Fragilité des sachets - Présentation peu favorable - Sachets transparents (problèmes de dégradation)

55. Avantages et inconvénients des différents modes de conditionnement du lait



56. Remplisseuse double à pédales
(Document MOM)

Remplisseuse automatique multi-becs
(voir fig. 57)

Les flacons placés en ligne par groupe de 6 à 8 selon leurs dimensions sont remplis simultanément à partir d'une cuve en charge.

Le remplissage s'arrête automatiquement quand le niveau est obtenu.

Le déplacement des emballages se fait par simple poussée de toute la rangée.

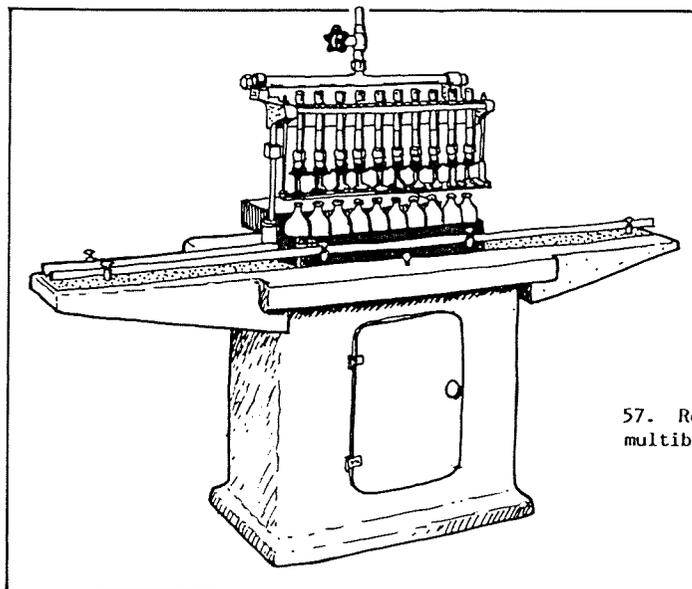
Capsulage non intégré.

Constructeur : MOM.

Coût : 66 000 F.

Capsuleuses

Les bouteilles peuvent alors être capsulées. Il existe de multiples appareils depuis la capsuleuse manuelle jusqu'aux capsuleuses automatiques sous jet de vapeur (permet d'éviter une recontamination liée au capsulage) - LA MECANIQUE DE SURESNES.



57. Remplisseuse automatique multibec
(Document MOM)

* Conditionnement en bouteilles plastique thermoformées

Les bouteilles sont fabriquées sur place à l'aide d'une extrudeuse alimentée en granulés de matières plastiques.

Ce sont des équipements relativement coûteux :

Exemple n° 1

Capacité : 500 à 650 bouteilles de 1 l. à l'heure.

Extrudeuse-Mouleuse. Constructeur ADS.

Coût : 600 000 F.

A cet équipement, il faudra adjoindre une remplisseuse, par exemple dans la gamme NOVA de 300 l/h ou 700 l/h.

Exemple n° 2

Constructeur : GEERE SA.

Coût : 350 000-400 000 F.

* Conditionnement en briques ou tétraèdres de carton

On trouve des machines semi-automatiques ou automatiques qui forment les boîtes (soit à partir d'un film, soit à partir de boîtes déjà préformées), les remplissent et les scellent.

Il faut bien distinguer les machines qui forment les boîtes à partir d'une bobine de carton (coût d'investissement très élevé, hors de portée d'une minilaiterie) de celles qui ne font que " reconstituer " une boîte " préformée ".

Les seuls équipements accessibles aux minilaiteries s'approvisionnent donc en boîtes préformées et il faut encore distinguer deux cas :

- boîtes livrées à plat : le carton est prédécoupé et collé mais il faut former la boîte. Facilité de stockage, coût inférieur (environ 0,40 F la boîte livrée à plat contre 0,60 F pour la boîte livrée déjà formée);
- boîtes livrées formées : la boîte est prête,

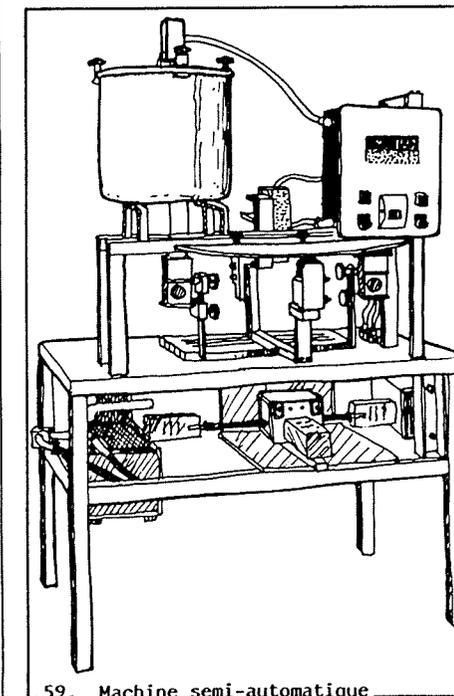
il suffit de la remplir puis de la sceller. Difficulté de stockage, coût supérieur mais équipement plus simple.

Sur certaines machines (très coûteuses) le conditionnement est réalisé aseptiquement (condition nécessaire pour le lait stérilisé ; équipement hors de portée des minilaiteries.

Exemples

Machine semi-automatique ELOPAK de capacité 800 emballages/h. Alimentation en boîtes préformées (coût unitaire d'une boîte préformée d'1 l. : environ 0,35 F.) (voir fig. 59).

Coût de l'équipement : 250 000 F.



59. Machine semi-automatique
(800 emballages/heure) (Document ELOPAK)

Machine automatique NOVA. 1 600 emballages/l.

Coût de l'équipement : 600 000 F.

Le matériel NOVA existe aussi en 300 l/l.

Coût de l'équipement : 100 000 F environ (voir fig. 60).

* Conditionnement en sachets polyéthylène (surtout pour lait pasteurisé ou fermenté)

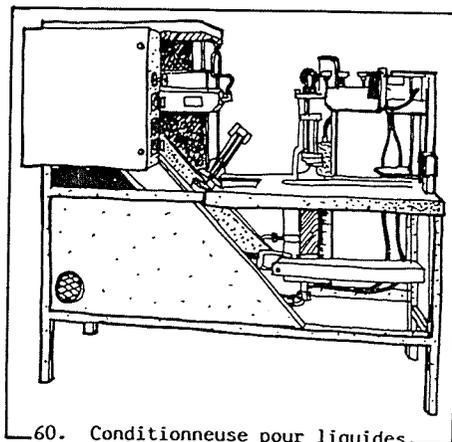
On trouve là encore un grand choix d'équipement depuis le matériel manuel jusqu'au matériel automatique aseptique.

Exemple n° 1 (voir fig. 58)

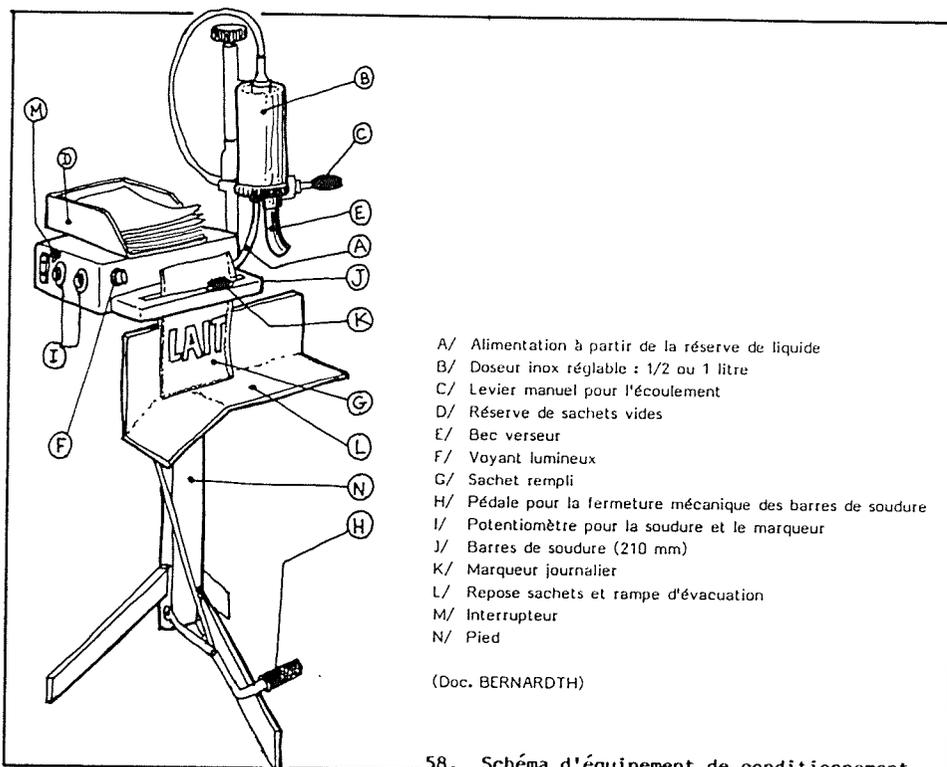
Capacité : 300 l/h.

Constructeur : BERNARDTH

Coût : 12 500 F.



60. Conditionneuse pour liquides alimentaires en boîtes carton livrées à plat (300 l/h) (Document NOVA)



- A/ Alimentation à partir de la réserve de liquide
- B/ Doseur inox réglable : 1/2 ou 1 litre
- C/ Levier manuel pour l'écoulement
- D/ Réserve de sachets vides
- E/ Bec verseur
- F/ Voyant lumineux
- G/ Sachet rempli
- H/ Pédale pour la fermeture mécanique des barres de soudure
- I/ Potentiomètre pour la soudure et le marqueur
- J/ Barres de soudure (210 mm)
- K/ Marqueur journalier
- L/ Repose sachets et rampe d'évacuation
- M/ Interrupteur
- N/ Pied

(Doc. BERNARDTH)

58. Schéma d'équipement de conditionnement du lait en sachets (300l/h)

Il s'agit d'un emplisseur semi-automatique de sacs préformés (l'alimentation ne se fait donc pas directement en film).

Le lait remplit le doseur par gravité ou par pompage sous vide. Le doseur se vide dans le sachet qui est alors thermosoudé (on peut également utiliser des bouteilles plastiques qui seront également thermosoudées).

Citons parmi les autres constructeurs de ce type de matériel :

- THIMONNIER qui commercialise des machines automatiques de 300 l/h à environ 25 000 F.
- NOVA, même type de machine à environ 25 000 F.

Exemple n° 2

PREPAC - Un des leaders mondiaux de ce type d'équipement. Il propose des machines qui travaillent à partir d'un film, transformé en sachet souple.

Type : Machine automatique 1000 l/h à partir de film. Coût : environ 100 000 F. (voir fig. 61).

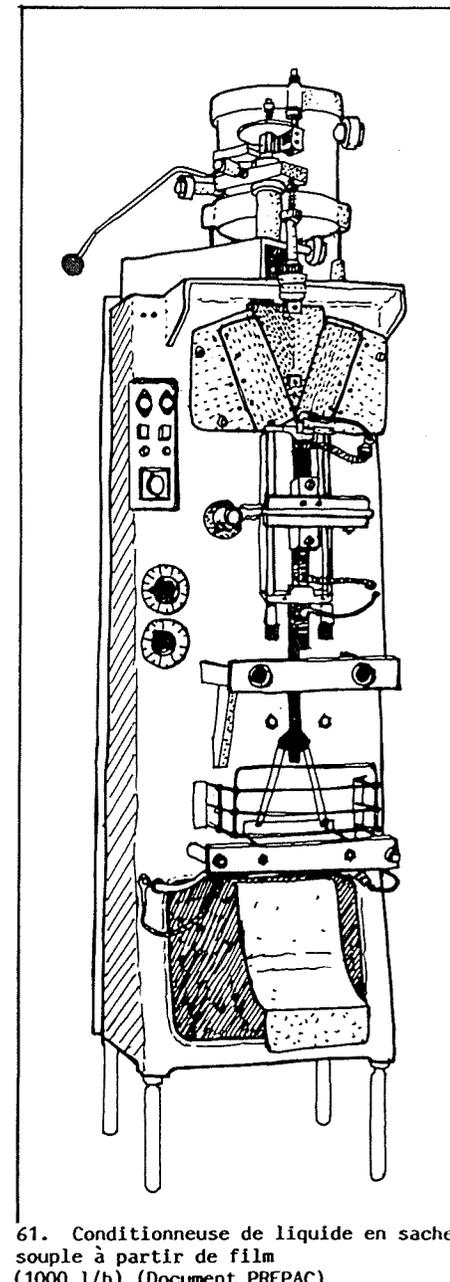
Ce modèle existe également en conditionnement aseptique, mais à un coût près de 10 fois supérieur !

Ajoutons que dans le cas de poches plastique, on rencontre des problèmes de fissures, donc de risques de recontamination du lait après pasteurisation, et d'éclatement si le lait est traité en cuve ou en autoclave après conditionnement. Signalons d'ailleurs que le film Prepac, doublement extrudé, fait disparaître ces risques de fissures.

3.2 LES EQUIPEMENTS POUR LAITS FERMENTES

Les matériels spécifiques portent surtout l'étuvage et la mise en pot. Pour le reste, on retrouve les matériels classiques de la laiterie :

- Pasteurisation et homogénéisation (voir 3.1).
- Cuves de fermentation : cela peut être



61. Conditionneuse de liquide en sachet souple à partir de film (1000 l/h) (Document PREPAC)

une bassine, mais on améliorera la vitesse du processus et on contrôlera mieux le type de fermentation dans une cuve à double paroi chauffée et maintenue en température par de l'eau chaude : cette solution est à préconiser dans le cas où la coagulation a lieu " en cuve " (cas du yaourt brassé par exemple).

La cuve est munie d'un agitateur (et de brassoirs si besoin est). Signalons que si la pasteurisation a eu lieu dans une cuve de traitement, c'est dans la même cuve que se fera la coagulation.

Pour les caractéristiques et prix des cuves, on se reportera au chapitre 3.1, et on pourra également se reporter au paragraphe qui fait le point sur la cuve, élément-cléf d'une minilaiterie.

- Etuve : c'est une sorte d'armoire maintenue en température et qui sert à la fermentation.

Capacité : 540 à 5 400 pots.

Constructeur : PIERRE GUERIN (voir fig. 62).

Coût : 135 000 F. pour 5 400 pots.

Capacité : 140 pots.

Constructeur : ELECREM.

Coût : 1 500 F.

Au-delà de 5 400 pots et souvent même bien avant, il est préférable de construire une " chambre chaude " (petite pièce à température et hygrométrie contrôlée).

- Conditionnement : le conditionnement peut être réalisé :

• pour les produits liquides : en bouteilles verre ou plastique, en sachets plastique (voir chapitre 3.1.),

• pour les produits fermes en pots de verre, plastique ou carton plastifié.

Capacité : 4 000 pots/h.

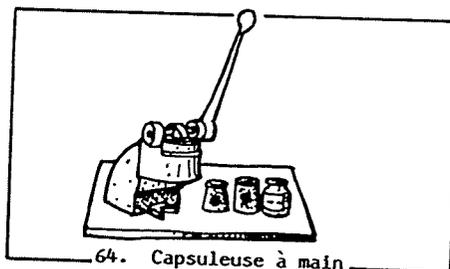
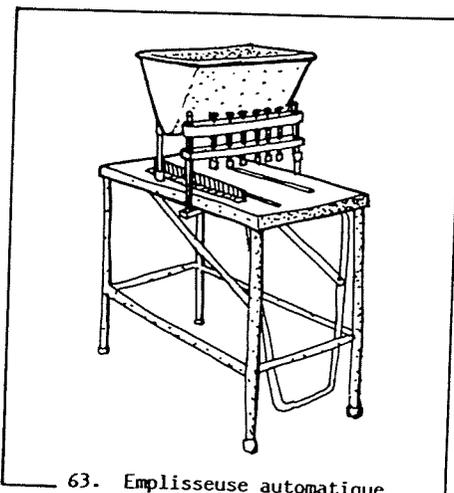
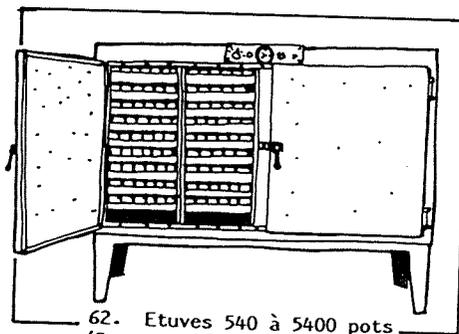
Constructeur : PIERRE GUERIN
Doseuse, remplisseuse à yaourt, 6 becs, semi-automatique (voir fig. 63).

Coût : 18 500 F.

- Capsulage : il peut :

• se faire indépendamment et manuellement, (voir fig. 64)

• être intégré à la doseuse.



Exemple : Doseuse-capsuleuse-dateuse automatique de 1 500 pots/h PIERRE GUERIN (170 000 F.).

Les capsules peuvent être achetées ou fabriquées sur place (moulage et découpage) à partir d'une bande d'aluminium.

de la crème) et de toutes façons un conditionnement.

Rappelons que l'écémage peut aussi se faire par simple décantation.

* Ecrémeuse

L'écémage est donc une centrifugeuse qui sépare les composants du lait selon leur densité.

On y introduit le lait entier et on en extrait le lait écrémé d'une part et la crème d'autre part.

L'écémage peut être ouvert, mais pour éviter la formation de mousse, qui est liée au jaillissement du lait écrémé à l'air libre, on a conçu des écémages demi-fermés ou fermés.

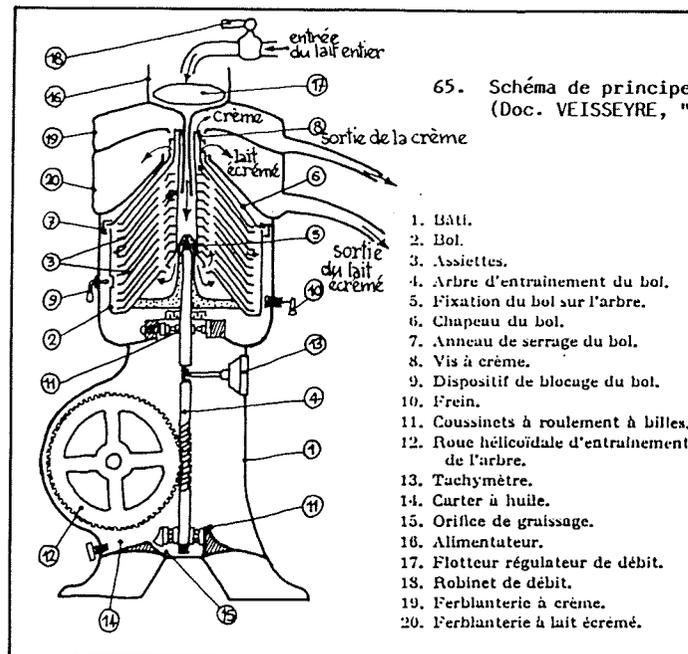
Le degré d'écémage peut être modulable ou non :

3.3. LES EQUIPEMENTS POUR CRÈMES ET BEURRES

L'atelier " crème et beurre " comporte deux équipements essentiels :

- l'écémage ou centrifugeuse qui sépare la crème du lait écrémé,
- la baratte qui transforme la crème en beurre.

On pourra avoir en amont une pasteurisation et en aval une homogénéisation (dans le cas



65. Schéma de principe d'une écémage ouverte (Doc. VEISSEYRE, "La technologie du lait")

- ainsi dans une écrémeuse ELECREM, l'écémage est total (aucune régulation n'existe); si l'on veut obtenir des laits standardisés partiellement écémés, il faudra mélanger du lait écémé et des laits entiers;
- en revanche, dans une écrémeuse WESTFALIA, le taux de matière grasse à l'issue de l'opération est réglable.

Enfin le système de séparation peut comprendre l'évacuation des boues (impuretés) d'où la possibilité de réaliser simultanément nettoyage, filtrage et écémage. On trouve de multiples modèles d'écémeuse, manuels pour les plus petits, électriques pour les autres.

- Capacité : 60 l. à 315 l. de lait/h.
Constructeur : ELECREM (voir fig. 66)
Ecrémeuse manuelle.
Coût : 2 500 à 7 500 F.

- Capacité : jusqu'à 1 000 l/h (ou jusqu'à 1 500 l/h dans le cas d'un traitement du sérum en fromagerie).
Constructeur : ELECREM
Ecrémeuse électrique
Coût : 7 500 à 15 000 F.

- Capacité : 750 l/h.
Constructeur : WESTFALIA
Coût 35 000 F.

WESTFALIA commercialise des écémeuses autodébourbeuses à partir de 5 000 l/h de capacité, pour un prix de 350 000 F.

* Barattes

Dans le cas d'une minilaiterie, on choisira obligatoirement une baratte en discontinu.

Barattage discontinu

Les anciennes barattes sont en bois. Les nouvelles sont en inox avec frottage au sable de la surface intérieure (pour éviter le collage du beurre).

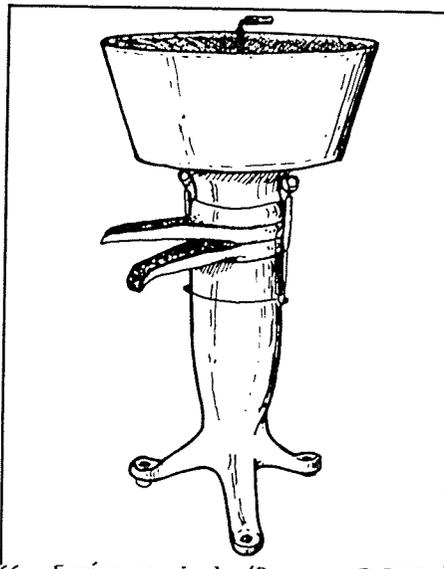
Les plus petits modèles sont à entraînement

manuel, tous les autres sont électriques.

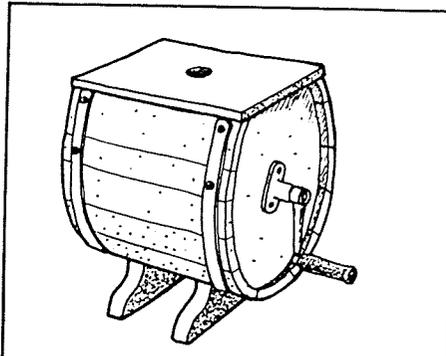
* Exemple n° 1

Capacité : jusqu'à 20 l. de crème (voir fig. 67)
Constructeur : ELECREM. Baratte manuelle.
Coût : 3 000 F.

On entraîne à l'aide d'une manivelle les batteurs situés dans la baratte.



66. Ecrémeuse simple (Document ELECREM)



67. Baratte manuelle (Document ELECREM)

* Exemple n° 2

Capacité : 30 kg de beurre en 1 heure 1/2 à 2 heures.

Constructeur : SIMON. Baratte malaxeuse électrique (voir fig. 68)

Coût : 30 000 F.

ELECREM propose à 6 500 F. une baratte électrique pouvant produire 15 kg de beurre.

Dans les barattes-malaxeurs, c'est la baratte elle-même qui est en rotation autour de son axe.

Dans les barattes-malaxeurs, des rouleaux intérieurs rotatifs, parallèles à l'axe du tonneau réalisent un malaxage par laminage du beurre. Mais le malaxage peut être réalisé avec de simples pales intérieures fixes.

Mentionnons également les barattes-malaxeurs THIEBAUD (en bois) qui couvrent la gamme 40 à 500 kg de beurre (soit des capacités situées entre 300 et 4 000 l.).

Barattage continu

Au-delà de 500 kg de beurre produit/heure, on utilise une baratte à alimentation continue ou butyrateur comprenant essentiellement une vis à beurre. Equipement totalement inadapté aux minilaiteries.

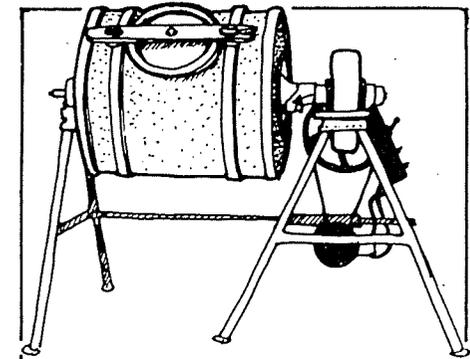
* Conditionnement

En système discontinu, le beurre sera versé dans un bac, le moulage est effectué à la main (en mottes ou en moulés) ou à la machine (pour des débits déjà importants).

Dans un petit atelier d'emballage manuel, les morceaux sont placés dans une bassine d'eau froide avant d'être emballés.

Le salage a été effectué au malaxage; ou si le beurre est suffisamment sec, en bain de saumure.

En système continu, il sort de la baratte-malaxeur un ruban de beurre qui est moulé et emballé à la machine.



68. Baratte-malaxeur (Document SIMON)

3.4. LES EQUIPEMENTS POUR FROMAGES FRAIS

Pour la fabrication des fromages frais, on trouve deux types de systèmes :

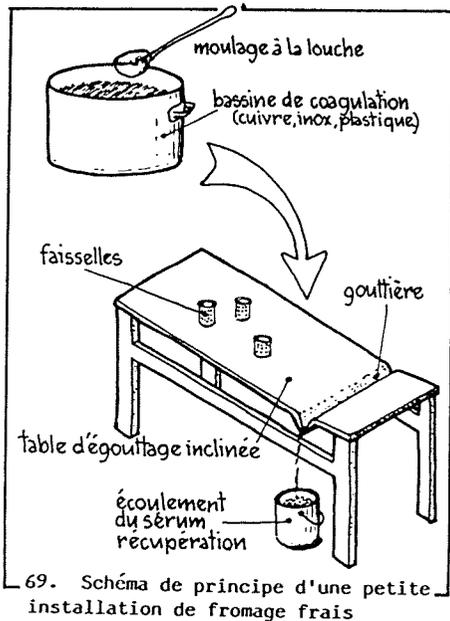
- des chaînes de fabrication spécialisées en continu, où le travail se fait sans rupture avec des équipements spécifiques généralement très coûteux.
- des chaînes discontinues constituées d'une succession de mini-ateliers dotés d'équipements simples. Un placement judicieux des différents éléments peut permettre néanmoins un fonctionnement rationnel (voir fig. 69).

Le premier système étant inadapté à une minilaiterie, nous nous limiterons à la description d'équipements utilisables dans le second modèle.

* Matériels discontinus pour fromages frais moulés

Les moules sont en matière plastique ou en acier perforé, de toutes les formes possibles et en général de petites tailles (un grand fromage n'aurait aucune tenue) (voir fig. 70).

Ces moules sont placés sur des plateaux qui



69. Schéma de principe d'une petite installation de fromage frais

facilitent leur retournement (voir fig. 71).

* Matériels discontinus pour fromages frais lissés

Egouttage en sacs (voir fig. 72)

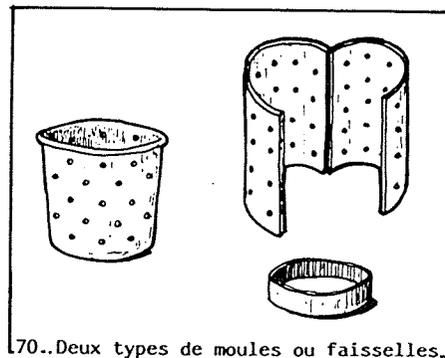
Le caillage est réalisé dans un bac muni d'un agitateur. On verse ensuite le caillé dans des sacs en nylon ficelés et empilés (éventuellement pressés).

Les sacs sont alors vidés dans une cuve où on réalise le lissage par brassage avec des pales; le lissage peut également être obtenu dans un homogénéisateur (voir chapitre 3.1.).

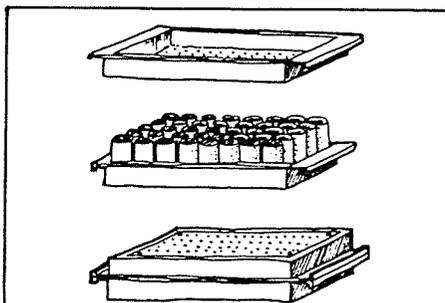
Egouttage en bacs (voir fig. 73)

L'égouttage peut être accéléré par le dispositif ci-contre.

En posant le tamis sur le bac, on presse le caillé au fond du bac et le sérum occupe la partie supérieure d'où il est alors pompé.



70..Deux types de moules ou faisselles.



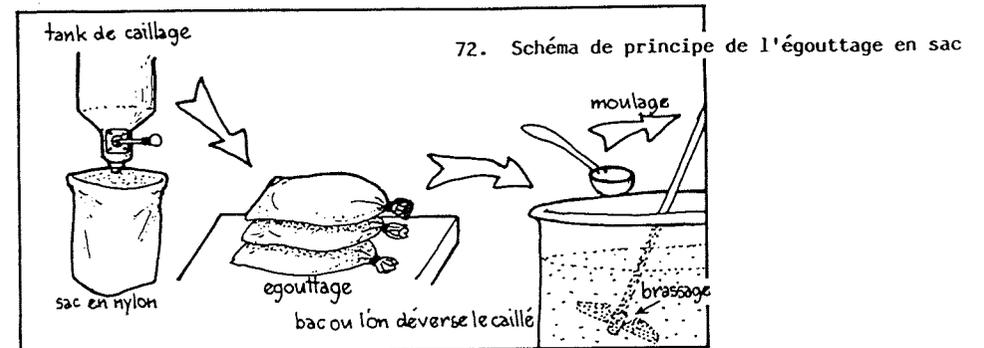
71..Plateau de retournement des moules (Document NOVA-POURPRIX)

Egouttage sur toile filtrante

Le caillé est déposé dans une grande toile en nylon, qui peut contenir 100 à 200 l de caillé; on la suspend généralement à un palan et on favorise l'égouttage par oscillations et pressage.

Egouttage en centrifugeuse

On peut également utiliser des séparateurs centrifuges fonctionnant sur le même



72. Schéma de principe de l'égouttage en sac

principe que des écrémeuses. L'égouttage se fait sur du caillé maigre qu'il faudra ensuite mélanger à de la crème.

Conditionnement

Le conditionnement des fromages lissés peut s'effectuer avec le même matériel et le même emballage que pour les yaourts.

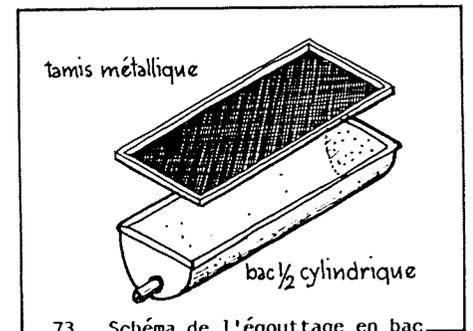
3.5. LES EQUIPEMENTS POUR FROMAGES AFFINES

Il existe pour la fabrication des fromages affinés de véritables chaînes partiellement automatisées. Nous n'en parlerons pas ici car cela déborde manifestement du cadre " minilaiterie "; pour la même raison nous n'évoquerons aucun des équipements perfectionnés destinés à réduire les opérations de manutention (retourneurs automatiques, convoyeurs, etc.).

La fabrication des fromages nécessite quelques opérations que l'on retrouve pratiquement quelqu'en soit le type :

- Caillage en cuve
- Séparation du lactosérum
- Tranchage du caillé
- Mise en moules des blocs de caillé
- Pressage.

Le reste concerne l'affinage lui-même qui nécessite plus d'installations que d'équipements proprement dits.



73. Schéma de l'égouttage en bac

Il existe des équipements qui réalisent l'ensemble de ces opérations, d'autres au contraire sont spécifiques d'une opération donnée.

Nous ne donnerons ici que quelques exemples tant est vaste la gamme des matériels disponibles.

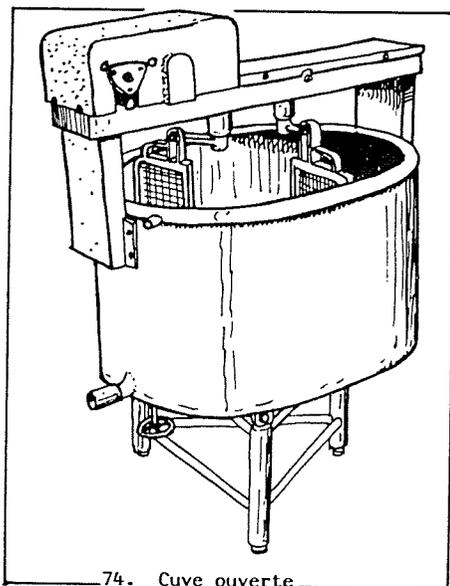
* Les cuves de fabrication

Instrument indispensable de toute production fromagère, la cuve peut être ouverte... ou fermée; la cuve fermée coûte environ 50 % plus cher mais permet un lavage en circuit fermé, évite les éclaboussures et réduit les pertes thermiques; de plus les instruments de découpage du caillé et de brassage peuvent être fixés sur le couvercle.

On trouve des cuves ouvertes à partir de

500 l. (coût environ 10 000 F. pour une cuve ouverte à double paroi).

La cuve ci-dessous porte un pont porte-instruments : le découpage du caillé peut se faire ainsi automatiquement. Au fond de la cuve on distingue le tuyau d'extraction du sérum.



74. Cuve ouverte
(Document Pierre GUERIN)

Pour les pâtes non cuites, il n'est pas nécessaire d'avoir des cuves thermisées; par contre pour les pâtes cuites, on utilise les " chaudières " en cuivre ou en acier à double paroi dans laquelle peut circuler de l'eau chaude ou de la vapeur. Un revêtement extérieur en bois améliore l'isolation.

Exemple de " chaudière " à pâtes cuites

Capacité : 1000 à 2000 l.

Constructeur : THIEBAUD. Chaudière ouverte en cuivre. Chauffage vapeur ou eau chaude.

Coût : 11 000 F. pour 1000 l. 30 000 F. pour 2500 l.

Les cuves fermées ne sont généralement disponibles que pour des capacités nettement

plus élevées, et sortent du cadre des minilaiteries.

* Systèmes de soutirage-prépressage

On peut poser une grille circulaire sur le dessus de la cuve : on tasse ainsi le caillé au fond; on pompe le sérum sur le dessus et on évacue le caillé par gravité. Une cuve à fond conique présente l'avantage de favoriser le soutirage; sinon il faudra basculer la cuve (la plupart des cuves sont munies d'un système de basculement), ou recueillir le caillé manuellement (à l'aide de poches par exemple).

Bac d'extraction à découpage manuel

De la cuve, le caillé est évacué vers un bac où il est découpé, voire pré-pressé, avant d'être moulé.

Le tamis mobile aide le sérum à se séparer et permet de régler la hauteur des blocs de caillé. Une plaque perforée sur le dessus du caillé s'appuyant sur les parois du bac, assure un pré-pressage.

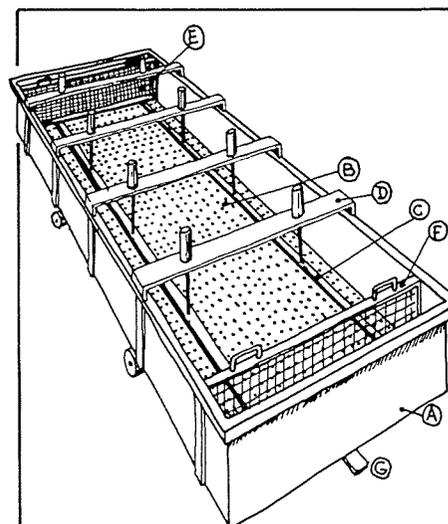
Le schéma ci-contre (fig. 75) extrait d'une documentation CHALON-MEGARD montre le dispositif complet d'un tel bac. Le matériel homologué PIERRE GUERIN avec presse pneumatique intégrée coûte 45 000 F. pour une capacité de 500 l. et 130 000 F. pour 3 000 l.

Le caillé est donc découpé en blocs avec un emporte-pièce, et les blocs seront ensuite placés dans des moules.

* Système de mise en moule des blocs de caillé

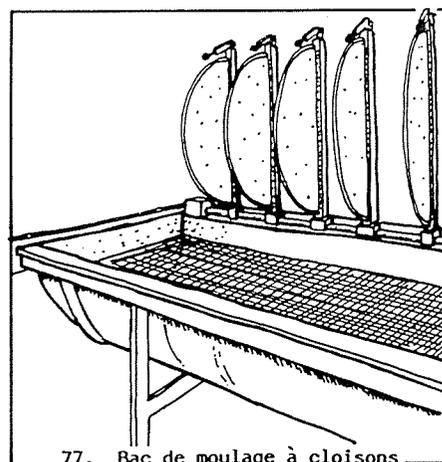
La mise en moule peut se faire à la main, mais elle peut également être facilitée par différents dispositifs (voir fig. 76).

Des cloisons mobiles sont abaissées dans la cuve (ce qui permet de la compartimenter). Une goulotte de moulage ayant été accrochée au bac, on lève les cloisons une à une et les cubes tombent par un orifice d'évacuation dans les moules (ou dans un répartiteur placé au-dessus d'un plateau de moules) (voir fig. 77).

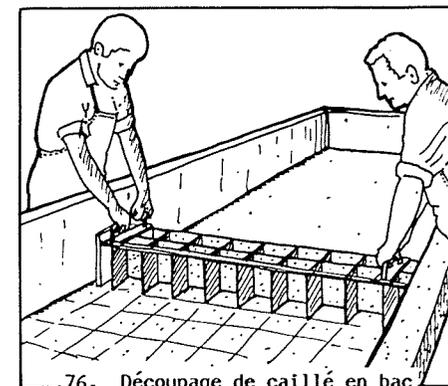


- Ⓐ fond fixe
- Ⓑ plaques perforées de pressage
- Ⓒ barres de pression amovibles
- Ⓓ poutres mobiles
- Ⓔ cadre fixe avec tamis
- Ⓕ cadre mobile avec tamis
- Ⓖ sortie sérum

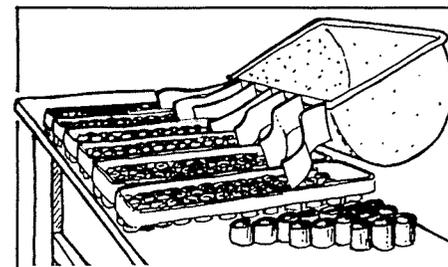
75. Bac de soutirage, pré-pressage, découpage manuel (Document CHALON-MEGARD)



77. Bac de moulage à cloisons
(Document BURTON-CORBLIN)



76. Découpage de caillé en bac d'extraction (Document Pierre GUERIN)



78. Remplissage des plateaux de moules par basculement des bacs de caillé (Document VEISSEYRE)

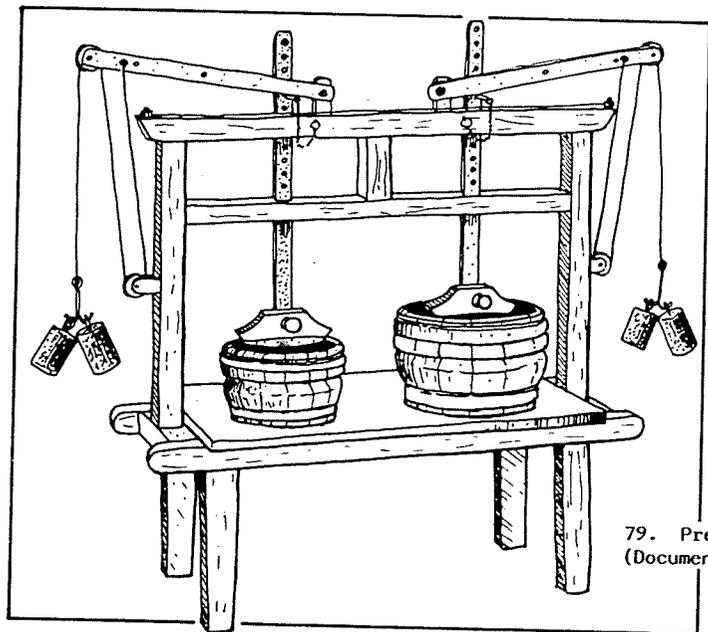
Moulage

Selon la taille et la quantité des fromages, le caillé est versé dans des répartiteurs au-dessus d'un plateau de moules ou directement dans des moules.

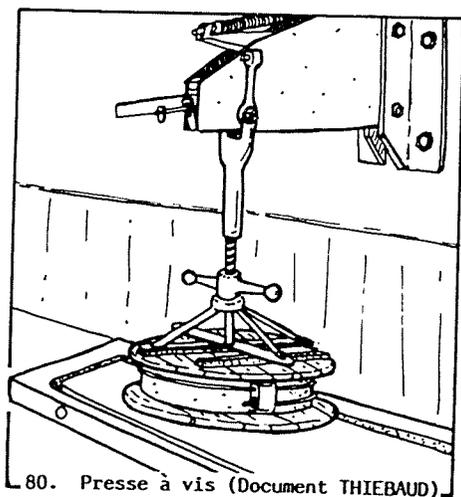
On peut envisager, bien que cela ait été surtout utilisé avec les pâtes molles, le basculement des bacs demi-cylindriques avec écoulement du caillé par des goulottes dans les plateaux situés au-dessous du bac. On trouve de nombreux types de moules selon les fabrications. Moules en acier sans fond, moules en bois, moules métalliques perforés que l'on recouvre d'un tissu (pâtes cuites) (voir fig. 70).

* Système de pressage

On trouve tous les systèmes de pressage :



79. Presse à fromages à poids
(Document ELECREM)



80. Presse à vis (Document THIEBAUD)

- à l'échelle artisanale, le moule comporte un couvercle adapté sur lequel on pose des poids ou des pierres,

- des systèmes à poids un peu améliorés : ex. ELECREM pour fromages petits et moyens.

Dans la plupart des systèmes, on presse les fromages en piles.

Les presses à vis sont réservées aux gros fromages (40 kg à 50 kg).

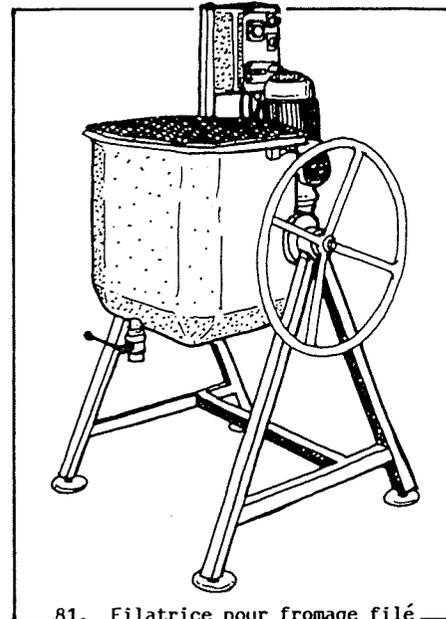
*** Matériels spécifiques pour fromages filés**

Nous avons évoqué la pénibilité de la fabrication manuelle des fromages à pâte filée. Il existe maintenant des équipements permettant une mécanisation des opérations.

Pour effectuer le travail, on a besoin de deux appareils :

- la filatrice qui malaxe le caillé et l'étire. Il sort sous forme d'un ruban plat, large et élastique.

- la formatrice : il faut maintenant former le fromage à partir de cette bande. La



81. Filatrice pour fromage filé
(Document MUZZARELLI-MODERNA)

pâte filée est entraînée par une vis et poussée dans des moules plus ou moins longs et plus ou moins cylindriques ou sphériques.

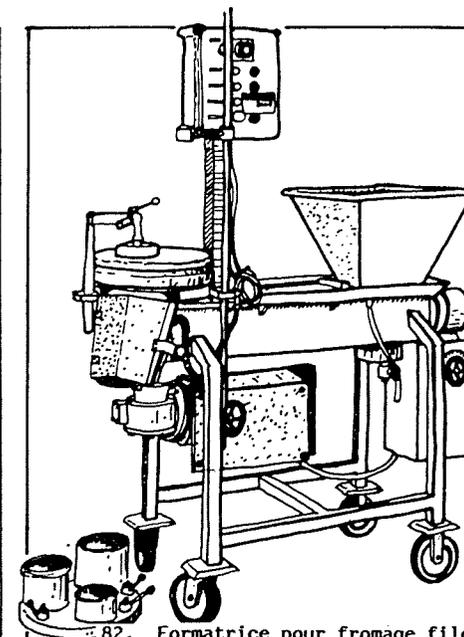
3.6. LA CUVE : ELEMENT-CLEF D'UNE MINILAITERIE

Comme nous l'avons vu, la cuve est un matériel largement utilisé en laiterie et qui peut être un élément de base d'une minilaiterie.

Nous avons donc jugé utile de consacrer un sous-chapitre à la cuve, ses variantes, ses utilisations.

*** Typologie des cuves**

* La cuve peut être :



82. Formatrice pour fromage filé
(Document MUZZARELLI-MODERNA)

- ouverte sans possibilité de fermeture (c'est une bassine).

- ouverte mais avec possibilité de mettre un couvercle.

- fermée avec juste des ouvertures d'entrée du produit et de sortie. Matériel généralement trop sophistiqué pour une minilaiterie.

* La cuve est ovale, ronde, à fond plat, à fond conique (le fond conique facilite le soutirage par gravité).

* La cuve peut être :

- non isolée : elle peut servir à des stockages intermédiaires, à des préparations fromagères (chauffage externe possible)

- isolée par de la laine de verre, c'est-à-dire qu'elle pourra maintenir une certaine température (temps relativement court, différence de température pas trop élevée entre le produit contenu dans la cuve et le milieu extérieur) : utilisable pour des opérations de stockage, de mélange

- thermisée : il s'agit d'une cuve de

traitement thermique utilisée pour la pasteurisation, le traitement des fromages (pâtes pressées cuites et non cuites), la maturation de crème, yaourts.

* La cuve peut être munie d'un axe ou d'un bâti qui permet de fixer des instruments (brassage, découpage...).

* Les cuves se diversifient enfin bien entendu par leur capacité, leur matière (cuivre, acier inoxydable, plastique).

* Comment s'effectue l'isolation ?

Du polyuréthane ou de la laine de verre ont été injectés dans la paroi et dans le fond.

On trouve également des cuves dont l'isolement est réalisé par une couverture de bois extérieure.

* Comment s'effectue la thermisation ?

Le maintien au froid a été évoqué plus haut. Nous parlons ici des possibilités de réchauffements (et refroidissements à l'eau froide).

- soit on chauffe simplement la cuve sur un brûleur externe (cuve à paroi simple non isolée). La paroi transmet la chaleur au produit. C'est un réchauffement direct. Principal problème : mauvaise homogénéité du chauffage, formation de croûtes sur les parois de la cuve;

- soit on chauffe la cuve plus ou moins directement par des résistances électriques qui en réchauffent la paroi ou bien par des rampes hélicoïdales soudées à la face externe de la cuve et à l'intérieur desquelles on fait circuler eau chaude ou vapeur;

- soit on chauffe indirectement par un bain-marie d'eau chaude ou de vapeur. C'est le chauffage le plus homogène. La cuve intérieure baigne dans l'eau. L'eau chauffée vient de l'extérieur ou est chauffée par un brûleur intégré (à gaz), un échangeur de chaleur soudé à la cuve (vapeur) ou par des résistances électriques plongées dans l'eau.

3.7. AUTRES EQUIPEMENTS ET POSTES DE L'INSTALLATION

3.7.1. Laboratoire

Sans sombrer dans l'hygiénisme et la standardisation, la conduite d'une minilaiterie requiert un minimum de contrôles de fabrication :

- contrôle de la matière première : elle peut avoir pour but l'identification d'adultérations, le paiement à la qualité (tout de même assez rare dans les PVD), l'orientation du lait vers telle ou telle fabrication selon la qualité de la matière première (un lait acide sera impropre à la consommation en l'état mais pourra servir à la fabrication de fromages), etc.

- contrôle de fabrication : des mesures d'acidité, de teneur en matières sèches sont indispensables dans les filières fromagères.

La laiterie dispose donc de matériel de mesure de température, de densité et d'humidité, d'acidité, de teneur en matières grasses, avec si possible un laboratoire de microbiologie pour la numération des colonies, la recherche des coliformes, etc.

3.7.2. Pompes et raccords

Pour éviter les manutentions, sources de contamination, on essaiera toujours de raccorder les appareils par des tuyauteries en utilisant, si besoin est, des pompes. Mais attention, des pompes mal nettoyées peuvent être également de véritables foyers d'infection. En règle générale en minilaiteries, il faut réduire au minimum le nombre de pompes (privilégier les écoulements par gravité).

3.7.3. Nettoyage et désinfection

Le nettoyage est l'élimination physique des

résidus des constituants du lait. La désinfection est l'élimination, après nettoyage, des germes résiduels; la désinfection se fait par des techniques thermiques ou chimiques et doit être quotidienne.

On doit prévoir un système de nettoyage et de désinfection des bidons de transport du lait à la laiterie et du matériel fixe de la laiterie.

Il faut être cohérent dans le choix du système de lavage :

- Un lavage très poussé de l'atelier n'a de sens que si le système de collecte approvisionne la laiterie avec un lait de très bonne qualité et si les procédés de transformation eux-mêmes ne provoquent pas de fortes contaminations.

Le matériel de réception, de stockage éventuel, les bidons seront soigneusement lavés, et la propreté de la laiterie doit inciter les fournisseurs de lait à améliorer les conditions hygiéniques à la production.

- D'autre part le niveau de rigueur devra correspondre au type de produit fabriqué : pour une filière " lait cru ", la propreté doit être exceptionnelle alors que dans une filière " lait stérilisé en autoclaves ", on pourra se montrer moins draconien.

Quoi qu'il en soit, il faut bien comprendre qu'un lait de mauvaise qualité ne deviendra pas un bon lait par un processus miracle et que toutes les " techniques de sauvetage " nuiront à la qualité du produit fini : on peut " matraquer " thermiquement un lait fortement contaminé mais ce sera au détriment de son goût et de sa valeur nutritive; on peut " désacidifier " un lait trop vieux en lui rajoutant de la soude mais on n'aura traité qu'un des aspects, etc.

Le choix du système de base dépend aussi de la main-d'œuvre disponible, de la taille de l'installation, du type d'appareils de la laiterie (lavables facilement à la main, au jet, ou non, cuves ouvertes ou fermées...), de la disponibilité en eau, en vapeur ou eau chaude de l'installation. Le lavage correspond à un poste de consommation d'eau important d'autant plus qu'une grande partie de l'eau sera polluée et non réutilisable.

Concrètement, les solutions sont les suivantes :

- lavage à la main, brosse, démontage éventuel de certains appareils,

- lavage au jet mobile : un tuyau raccordé à des réservoirs à détergents et cuves d'eau chaude est utilisé,

- station de nettoyage en place ou NEP : elle comprend un réservoir à détergent (avec concentration); un réservoir à stérilisant ou acide (avec réglage de la concentration), un réservoir de récupération d'eau et une pompe.

Ces réservoirs sont reliés aux différents appareils à laver par des tuyauteries. Une partie de l'eau peut être récupérée dans le cycle.

3.7.4. L'eau

En dehors du cas de la reconstitution de lait à partir de lait en poudre où l'eau utilisée doit absolument être potable, l'eau qui circulera dans les différents appareils devra être adoucie pour éviter la formation de tartre. L'eau provenant de lac ou de rivière gagne à subir un traitement (filtration, chloration) puisqu'elle circulera pour une partie dans les mêmes circuits que le lait. L'eau doit être récupérée autant que possible - eau des condenseurs frigorifiques et d'évaporation réutilisable sur longues périodes, eau de nettoyage que l'on peut en partie récupérer, eau de chauffage utilisée pour le nettoyage, etc.

3.7.5. Electricité

Bon nombre d'appareils sont électriques. prévoir un groupe électrogène correspondant en cas de non raccordement ou de coupures de courant fréquentes et/ou de longue durée.

3.7.6. Air comprimé

Il n'intervient pas systématiquement dans une installation, mais on peut avoir choisi

certaines appareils (conditionnement en particulier) qui fonctionnent à l'air comprimé, auquel cas un petit compresseur est installé avec l'appareil.

C'est le cas des " vannes trois voies " évoquées lors de la description des pasteurisateurs : ce système qui permet de "refouler" du lait insuffisamment traité est relativement complexe. Il existe des dispositifs électriques, bon marché mais souvent peu fiables et des dispositifs pneumatiques qui nécessitent donc un petit compresseur. L'installation d'une vanne trois voies (vanne + compresseur + montage) coûte ainsi plus de 10 000 F. Est-ce indispensable ? Ceci revient d'ailleurs à poser la question : faut-il du lait pasteurisé ou peut-on se contenter de lait thermisé ? On ne peut donner une réponse catégorique à cette question : ça dépend du type de produit fabriqué, de la qualité du suivi technique, etc.

3.7.7. Eau chaude et vapeur

On aura quasiment toujours besoin d'eau chaude dans les laiteries pour le lavage et les traitements thermiques. Cette eau peut être chauffée par les appareils eux-mêmes (cuve à chauffage intégré, brûleurs à gaz, à fioul, résistances électriques) ou provenir d'installations indépendantes des appareils; on peut distinguer deux grands systèmes de chauffage indépendants :

- le système centralisé où une chaudière (à eau chaude ou à vapeur) satisfait aux besoins de l'ensemble des équipements,
- le système décentralisé où des chauffe-eau sont adjoints aux principaux appareils.

Ces chaudières ou chauffe-eau peuvent fonctionner au fioul, au gaz, à l'électricité selon les types.

La vapeur est rarement indispensable dans une laiterie. Elle correspond aux besoins de chaleur de haut niveau (température supérieure à 100°), c'est-à-dire à la stérilisation et à l'évaporation. Dans les autres cas, l'utilisation d'eau chaude est souvent plus économique au niveau du coût de fonctionnement (dépenses énergétiques).

* Types d'appareils

Vapeur

- Chaudières électriques : pour des petites puissances, ce sont des chaudières à thermoplongeurs immergés dans l'eau (résistance électrique). On prévoit souvent un hydroaccumulateur après la chaudière permettant de stocker l'eau chaude dans une enceinte calorifugée à la pression atmosphérique.

Ce sont des équipements relativement bon marché et de maintenance aisée mais dont l'intérêt dépend directement de la disponibilité et de prix de l'électricité.

- Chaudières à combustibles, génératrices de vapeur :

- Système tubes de fumée : le corps hydraulique horizontal est traversé par un tube foyer où se développe la flamme avec un ou plusieurs faisceaux de tube de fumée. L'eau descend le long des parois en se réchauffant au contact des tubes puis remonte en se vaporisant au contact du tube foyer qui est fortement chauffé. Réservé aux installations les plus grandes.

- Système à tubes d'eau : l'eau circule dans les tubes qui sont en contact avec les gaz chauds.

On peut produire de l'eau surchauffée (eau liquide à plus de 100°, c'est-à-dire sous pression) avec des systèmes très proches.

Donnons quelques exemples de chaudières à vapeur existant sur le marché :

- Capacité : 100 kg de vapeur/h

Constructeur : VAPOR (LARDET-BABCOK), chaudières à gaz, fuel, électricité, mixtes

Coût : 50 000 F.

- Capacité : 120 kg de vapeur/h

Constructeur : THIEBAUT, chaudière verticale à multibouilleurs, 118 kW. Combustibles solides ou liquides

Coût : 68 000 F.

Eau chaude

Ce sont des appareils plus petits (jusqu'aux chauffe-eau pour des volumes faibles)

fonctionnant sur les mêmes principes mais la pression de service est nettement moindre.

Constructeurs : SODIET (à partir de 200 kW tous combustibles); WANSON (à partir de 3000 kcal).

* Quelques éléments de choix pour la minilaiterie

Il n'y a pas de système spécifique à la laiterie et a fortiori à la minilaiterie. On devra néanmoins tenir compte des points suivants :

- dans une petite installation, on s'efforcera de fonctionner sans chaudière, c'est-à-dire plutôt en chauffage décentralisé : on disposera aussi d'un système plus souple et on éliminera les pertes calorifiques liées aux raccords et aux tuyaux.

- on choisira le matériel en fonction de l'énergie disponible.

- les chaudières à vapeur nécessitent le plus souvent (surtout les chaudières de type horizontal) un système de traitement de l'eau (adoucissement pour éviter le tartrage).

3.7.8. Le froid

La plupart des PVD sont situés dans des pays chauds, or la plupart des techniques laitières doivent se pratiquer à des températures fraîches sinon froides. Nous avons déjà soulevé ce problème à propos des fromages : il est certain que les conditions climatiques du site projeté pour installer la minilaiterie devront influencer considérablement sur les activités retenues.

Quoi qu'il en soit, le froid pourra être nécessaire pour trois types d'opération :

- le stockage éventuel du lait,
- les refroidissements après traitement thermique (pasteurisation, etc.),
- chambre froide ou conditionnement de local (affinage, stockage des produits) éventuellement.

Là encore il est préférable dans des petites

installations de choisir la décentralisation de groupes frigorifiques autonomes pour éviter les pertes dues à un fonctionnement irrégulier ou à des raccords importants des appareils.

En fait il faut trouver un équilibre entre la multiplication des groupes frigorifiques (équipements coûteux) et la perte de souplesse et de rendement liée à la centralisation de la production du froid.

On pourra donc prévoir :

- des groupes frigorifiques autonomes pour les pasteurisateurs et les cuves de refroidissement,
- un groupe pour la climatisation des locaux de stockage et d'affinage,
- d'éventuels groupes autonomes pour les tanks de refroidissement du lait.

* Le refroidissement du pasteurisateur pose un certain problème car on a besoin d'un seul coup de beaucoup de frigories pour abaisser la température du lait de 73°C à 18°C par exemple : nous avons vu que la qualité du traitement dépendait de la rapidité de l'opération et en particulier du refroidissement.

Dans le cas du pasteurisateur à plaques, la demande de froid sera plus faible, car le lait pasteurisé est d'abord refroidi au contact du lait entrant; il s'agira donc simplement d'un refroidissement complémentaire.

Dans le cas d'une pasteurisation en cuve, il faut au contraire fournir la totalité des frigories.

Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit d'envoyer un liquide frigorigène (liquide à basse température) soit dans la double enveloppe de la cuve (à la place de l'eau chaude), soit entre les plaques. Comment disposer par exemple en peu de temps d'une grande quantité d'eau froide ? Plusieurs solutions existent :

- centrale à eau glacée et bac de stockage : un groupe frigorifique produit en permanence de l'eau glacée (mais à une cadence lente, car le groupe est peu puissant) et l'accumule dans un réservoir isolé; lors du refroidissement du pasteurisateur, l'eau froide (à 4°C par exemple) est pompée

de ce bac vers le pasteurisateur;

- centrale à glace : le principe est assez analogue mais le liquide frigorifique est un mélange eau + alcool. Dans le réservoir de stockage on accumule non pas de l'eau glacée mais un mélange de cristaux de glace et d'une solution eau + alcool à - 1,5°C; pendant le refroidissement, la solution eau-alcool est pompée et envoyée vers le refroidissement; le mélange réchauffé par le lait retourne dans le réservoir et se refroidit au contact de la glace.

Par ce système on accumule dans un volume restreint une grande quantité de frigories. C'est le principe retenu par le système ALFAGLACE produit par ALFA-LAVAL.

Coût : environ 50 000 F pour un ALFAGLACE de 3 ch (37 200 Kcal).

* De toutes façons, il ne faudra recourir au froid artificiel que lorsqu'on n'a pas de solution naturelle.

Exemples de solutions naturelles :

- affinage des fromages en grottes ou caves semi-enterrées,
- refroidissement du pasteurisateur après traitement thermique par de l'eau de rivière ou de puits,
- réduction ou suppression de la climatisation artificielle par une conception intelligente de l'installation : orientation des ateliers adaptée à l'insolation et aux vents dominants, ventilation, isolation, séparation des ateliers froid/chaud, etc.

3.8. LES MINILAITERIES COMPLETES

Comme nous l'avons dit, les minilaiteries sont à la mode et les constructeurs commencent à s'intéresser à ce nouveau marché.

Aussi à côté des matériels classiques pour les unités industrielles " de taille européenne ", à côté aussi des équipements de stockage et de transformation à la ferme, commence-t-on à trouver des équipements spécifiquement conçus pour des minilaiteries implantées dans les PVD. Certains constructeurs proposent même des chaînes complètes " minilaiteries ", que nous allons décrire maintenant.

3.8.1. Téclifrance

Cette société propose une " unité modulaire et polyvalente de traitement des fluides alimentaires " permettant le traitement de lait nature, de laits aromatisés, de jus de fruits, sirops... pour des débits de 200 l à 5 000 l/h.

La minilaiterie se compose des modules choisis parmi les suivants :

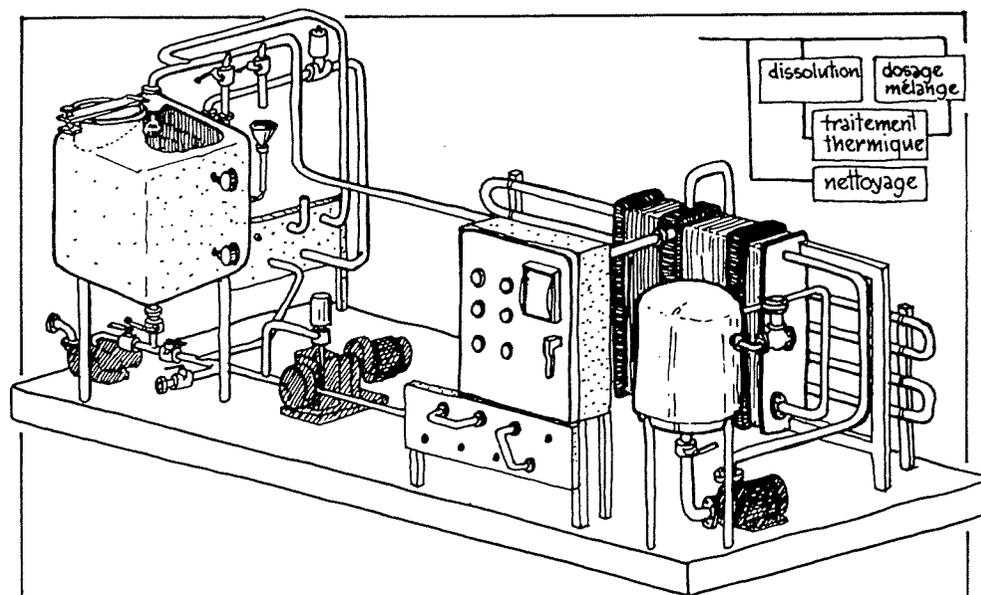
- dissolution (mélange liquide, poudre...),
- dosage/mélange,
- traitement physico-thermique (pasteurisation, stérilisation, homogénéisation, réfrigération),
- nettoyage.

Les modules sont conçus pour fonctionner de manière autonome et pouvoir néanmoins travailler en compatibilité.

Un module coûte en moyenne 500 000 F.

Il faut y ajouter le conditionnement (150 000 F.), le compresseur frigorifique si besoin est, la chaudière à eau, le système d'adoucissement de l'eau.

Une installation plus complète (avec plusieurs modules) coûte environ 2 millions de francs.



84. Module de traitement thermique TECLIFRANCE (Document TECLIFRANCE-PEC Engineering)

3.8.2. Alfa-Laval

Il s'agit de minilaiteries traitant de 1 000 l. à 5 000 l. de lait par jour.

L'unité de base comprend des tanks, un pasteurisateur à plaques (électrique), une chambre froide. Elle fonctionne à l'électricité. On peut y ajouter un groupe électrogène.

Entre 2 000 l. et 5 000 l. de lait traité/jour, Alfa-Laval prévoit les options suivantes, en plus de la pasteurisation : yaourt, fromage blanc, fromage à pâte pressée simple (du type Saint Paulin). Une conditionneuse manuelle ou semi-automatique servira pour mettre en sachets le lait et les yaourts.

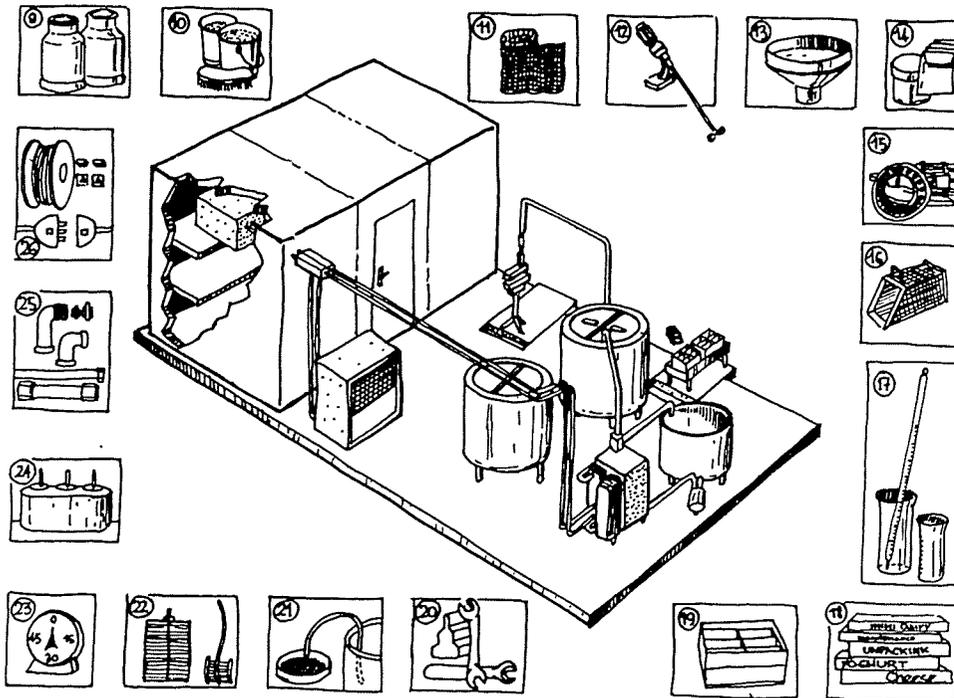
Prix : minilaiteries non montées (tous les services sont donc à rajouter) :

- au minimum : pasteurisateur 600-900 l/h (électrique), cuve de réfrigération, système de réfrigération, conditionnement film plastique - Nova ou Thimonnier - fonctionne à 2 000 l/jour et coûte quelques 400 000 F.

- à 4 000 l/jour avec la pasteurisation, l'équipement pour yaourts, fromages frais, chambre froide coûte environ 800 000 F.

- une clarification est nécessaire si le lait est de mauvaise qualité.

Pour des capacités plus importantes (10 000 à 20 000 l. de lait/jour), Alfa-Laval prévoit des options de lait stérilisé, beurre, crème, yaourts aux fruits avec des installations coûtant de 1 000 000 à 6 000 000 de Francs (20 000 litres).



UNITE DE BASE:

1. Tank de réception
2. Tanks de process
3. Pasteurisateur
4. Groupe frigorifique monobloc
5. Frigorifère
6. Jeux de rayonnages
9. Bidons à lait
10. Brosses et seaux
11. Moustiquaire

13. Filtre
14. Ferments
15. Pièces de rechange
17. Equipement de laboratoire
18. Manuels d'instruction
20. Outils
23. Minuterie
24. Thermostatiques
25. Matériel installation acier inox et acier doux
26. Matériel installation électrique
27. Chambre froide.

CAPACITE JUSQU'A 2.500 L PAR JOUR

Options:

7. Equipement de fabrication de fromage
8. Equipement de conditionnement
12. Equipement pour reconstitution poudre de lait entier
16. Poche à caillé
19. Moules à fromage
21. Filtre à sérum
22. Tranche-caillé et mélangeur.

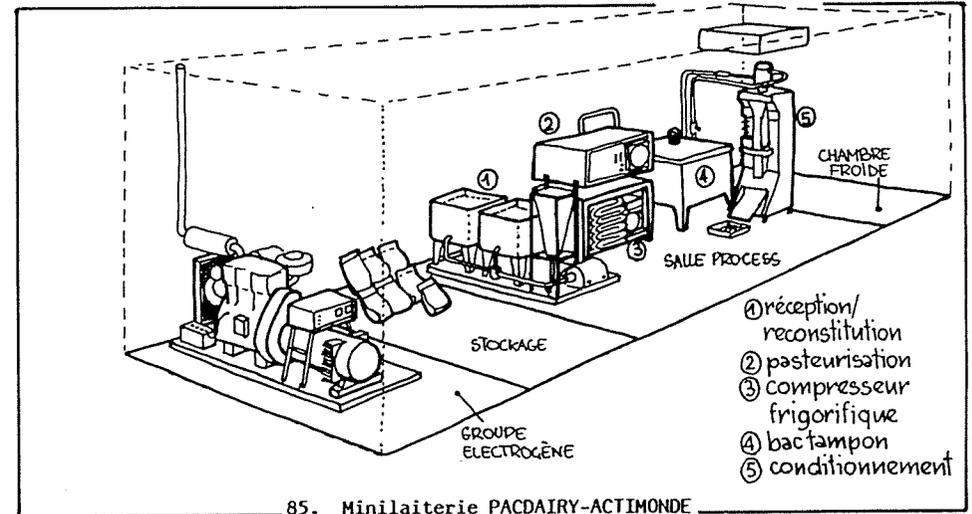
83. Minilaiterie ALFA-LAVAL (Document ALFA-LAVAL)

3.8.3. Actimonde/BEFS

Il s'agit de systèmes modulaires, montés dans leur bâtiment qui sert de conteneur et installés très rapidement sur place.

Le plus petit module est dénommé "PAC-DAIRY". Il permet de pasteuriser et conditionner 500 l/h de lait reconstitué ou frais soit 3 000 à 6 000 l/jour.

Il est possible d'augmenter ces capacités jusqu'à 30 000 l/jour et de fabriquer tout autre produit laitier (leben, yaourt, beurre, fromage, etc.). Dans ce cas, une étude permet de déterminer le nombre de modules nécessaires à la mise en place des machines et au process. Ces Laiteries en Système Modulaire (L S M) sont particulièrement destinées à toutes les régions ou pays ayant une faible infrastructure technique.



85. Minilaiterie PACDAIRY-ACTIMONDE

- ① réception/reconstitution
- ② pasteurisation
- ③ Compresseur frigorifique
- ④ bactampon
- ⑤ conditionnement

Exemple de prix

- PACDAIRY : 500 l/h de lait pasteurisé - environ 2 200 000 FF clef en main à FOB, seuls sont à fournir l'eau, le lait et les matériaux de conditionnement.

- L S M 2 : 6 000 l/8 heures de lait traité (2 000 l de lait pasteurisé et 4 000 l de lait caillé).

Prix : environ 4 000 000 FF clef en main FOB.

- L S M 21 : 30 000 l/8 heures de lait traité (15 000 l de lait pasteurisé, 10 000 l de lait acidifié, 5 000 l de yaourt).

Prix : environ 10 000 000 FF clef en main FOB.

Signalons qu'ACTIMONDE propose également une petite unité mobile de pasteurisation en continu (TRACDAIRY) avec groupe électrogène, traitement d'eau et compresseur frigorifique. Cette TRACDAIRY d'une capacité de 100 l/h est tractable par Land Rover.

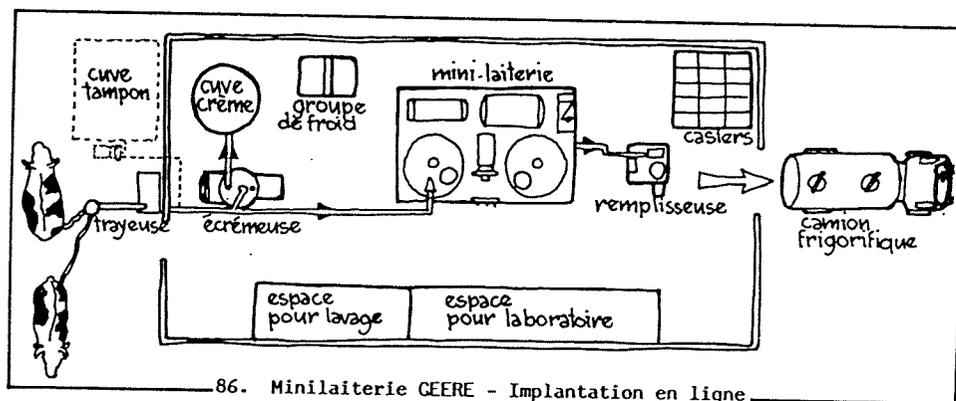
3.8.4. Geere S.A.

Un système modulaire de chassis aux dimensions de palette avion, se combine afin de pouvoir rassembler autour d'une unité de base les appareils suivants :

- une cuve de stockage réfrigérée pour le lait cru,
- un pasteurisateur infrarouge, système GEERE S.A. pour le traitement thermique,
- une cuve de réception lait pasteurisé faisant objet de cuve tampon en attendant l'opération de remplissage,
- un système de nettoyage intégré.

Divers éléments peuvent s'assembler à cette unité de base :

- en amont : une plate-forme énergie comprenant :
 - . le compresseur d'air
 - . le groupe de froid
 - . une production d'eau chaude nécessaire au nettoyage .
 - . éventuellement le groupe électrogène
 - . l'unité de traitement ou de stérilisation de l'eau



86. Minilaiterie GEERE - Implantation en ligne

- en aval : une plate-forme remplissage qui peut être équipée à la demande :

- . soit de remplisseuse à poches, bouteilles plastique ou en carton pour le lait pasteurisé,
- . soit de remplisseuse (manuelle, à pots déplaçables, ou fabrication de pots) et de cuves d'ensemencement nécessaires pour l'emballage et la fabrication du yaourt étuvé et de chambres chaudes pour l'étuvage des yaourts.

Options possibles : homogénéisateur, écrémeuse en ligne.

Prix : suivant les équipements choisis, la minilaiterie GEERE coûte de 250 à 1 000 000 FF.

3.8.5. Packo

Il s'agit de minilaiteries pour plusieurs débits et plusieurs options avec du matériel Packo pour la plus grande part, sauf le conditionnement et les équipements annexes (chaudière, groupe électrogène).

- 400 l/h : lait pasteurisé. Options lait fermenté, fromages semi-durs ou durs, affinés (Feta, Edam...).

Unité de base :

- . tank refroidisseur accumulateur de glace
- . pasteurisateur à plaques
- . tank tampon

- . pompe
- . conditionnement sachets ou cartons
- . équipement pour chambre froide.

Prix : selon la capacité de stockage et le conditionnement de 340 000 F. à 640 000 F.

Options :

- . tanks avec équipement frigorifiques pour lait fermenté (compter de 170 000 F. à 275 000 F. en plus)
- . cuves de coagulation, presse, cuve à saumure, équipement du local d'affinage pour fromages (compter de 265 000 F. à 465 000 F. en plus).

Il faudra rajouter le générateur éventuel, le laboratoire, les outils.

- 500 l/h pour lait reconstitué pour les mêmes produits.

En plus de l'équipement précédent, l'eau est chauffée en échangeur et le lait en poudre ajouté en entonnoir. On prévoit éventuellement un homogénéisateur.

Prix (pasteurisation seule) : 690 000 F. à 1 100 000 F.

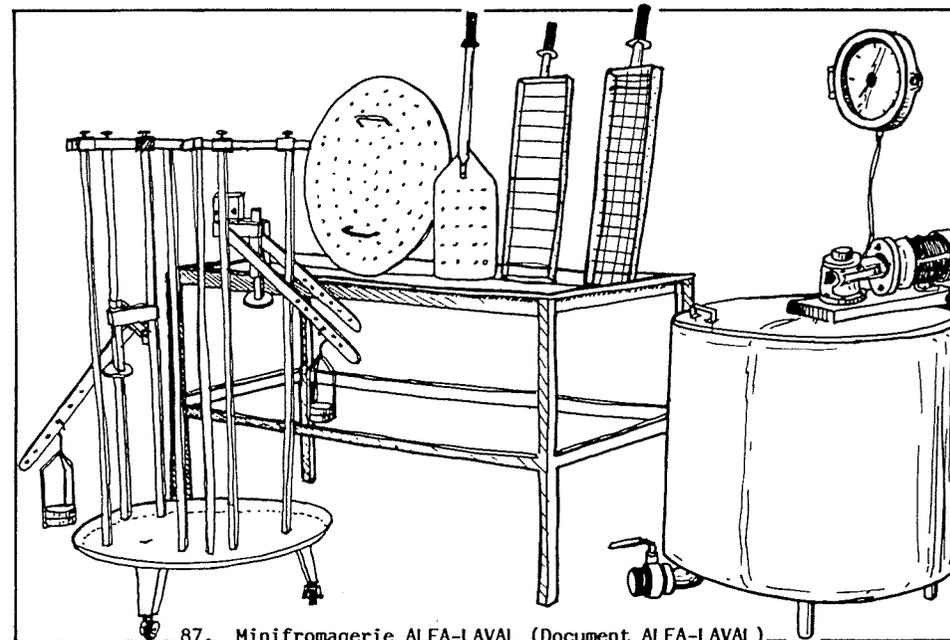
- 600 l/h (comme la 400 l/h).

Prix (pasteurisation seule) : 405 000 F. à 1 220 000 F.

- 1 000 l/h à 5 000 l/h.

dans ce cas, Packo propose la fabrication de lait pasteurisé, fromages, lait fermenté, beurre.

Exemple de prix : 2 000 l/h, lait pasteurisé, fromage, lait fermenté, beurre, coûtera : 5 000 000 F.



87. Minifromagerie ALFA-LAVAL (Document ALFA-LAVAL)

3.8.6. Minifromagerie ALFA-LAVAL

Depuis 1985, ALFA-LAVAL Espagne propose une minifromagerie complète de type familial pour un prix de l'ordre de 60 000 F.

Cette minifromagerie se compose d'une cuve de 330 litres à double enveloppe et production d'eau chaude intégrée (chauffage gaz), cette cuve de pasteurisation est équipée en outre d'un thermomètre enregistreur.

Parmi les accessoires livrés figurent une presse à colonne, une table de travail, un disque séparateur de caillé, des lyres, etc.

4. LA CONCEPTION D'UN PROJET DE MINILAITERIE

Au terme de cette énumération de procédés de fabrication et d'équipements, face à l'infinie variété des produits laitiers, le futur investisseur peut se sentir perplexe : comment choisir les produits ? Comment combiner les équipements ? Quelle taille retenir pour le projet ? etc.

Au cours de ce chapitre, nous voudrions donner quelques orientations sur la façon d'aborder le problème et de concevoir peu à peu un projet de minilaiterie.

4.1	QUELQUES REMARQUES PREALABLES	96
4.2	LA DEMARCHE DE CHOIX D'UN PROJET	96
4.2.1	Première étape : sélection des types d'activité et première évaluation de la taille du projet	96
4.2.2	Deuxième étape : choix des types de produit, des conditionnements et des types de technologie	101
4.2.3	Troisième étape : grandes lignes techniques du projet	103
4.2.4	Quatrième étape : étude de pré faisabilité	103
4.3	QUELQUES CAS CONCRETS DE PETITES INSTALLATIONS LAITIERES	105

4.1. QUELQUES REMARQUES PRELABLES

Nous ne proposerons pas des règles, ni des lois : il ne s'agit pas de suivre pas à pas un manuel du futur investisseur. En fait la conception d'un investissement revient à rechercher l'optimisation d'un système à multiples paramètres (prix des différents produits laitiers, état de la concurrence, habitudes de consommation, circuits de distribution, offre des différents types d'équipements, coût de l'énergie, etc.) ; comment prendre en compte ces différents paramètres et dans quel ordre ? La solution proposée n'est pas unique, et il est possible que dans tel contexte, il faille privilégier les conditions d'accès à l'énergie ou le climat plutôt que les données du marché...

L'optimisation du système, c'est-à-dire le choix du meilleur projet, ne sera pas la même selon qu'il s'agit de l'intérêt de l'investisseur, des producteurs agricoles, de celui d'une région ou d'un pays; les critères pourront être très différents. Dans notre démarche, nous considérerons deux types d'agents :

- le promoteur (communauté de producteurs laitiers, coopérative ou investisseur privé),
- les pouvoirs publics (régionaux ou nationaux).

Les pouvoirs publics peuvent avoir pour objectif une amélioration de la nutrition des populations rurales et urbaines ou la création d'emplois alors que l'investisseur se préoccupera surtout de la rentabilité financière de l'investissement et de la valorisation de la matière première des producteurs.

Nous ne pouvons analyser tous les cas de figure et ne donnerons que quelques exemples de choix alternatifs; lors de la phase finale de la conception du projet, il est donc fortement conseillé d'obtenir la participation d'un technicien laitier.

Les grandes lignes de la démarche proposée sont résumées par le diagramme ci-contre; nous allons maintenant en détailler les différentes étapes.

4.2. LA DEMARCHE DE CHOIX D'UN PROJET

4.2.1. Première étape : sélection des types d'activité et première évaluation de la taille du projet

- * Analyse des objectifs et ressources de l'agent investisseur

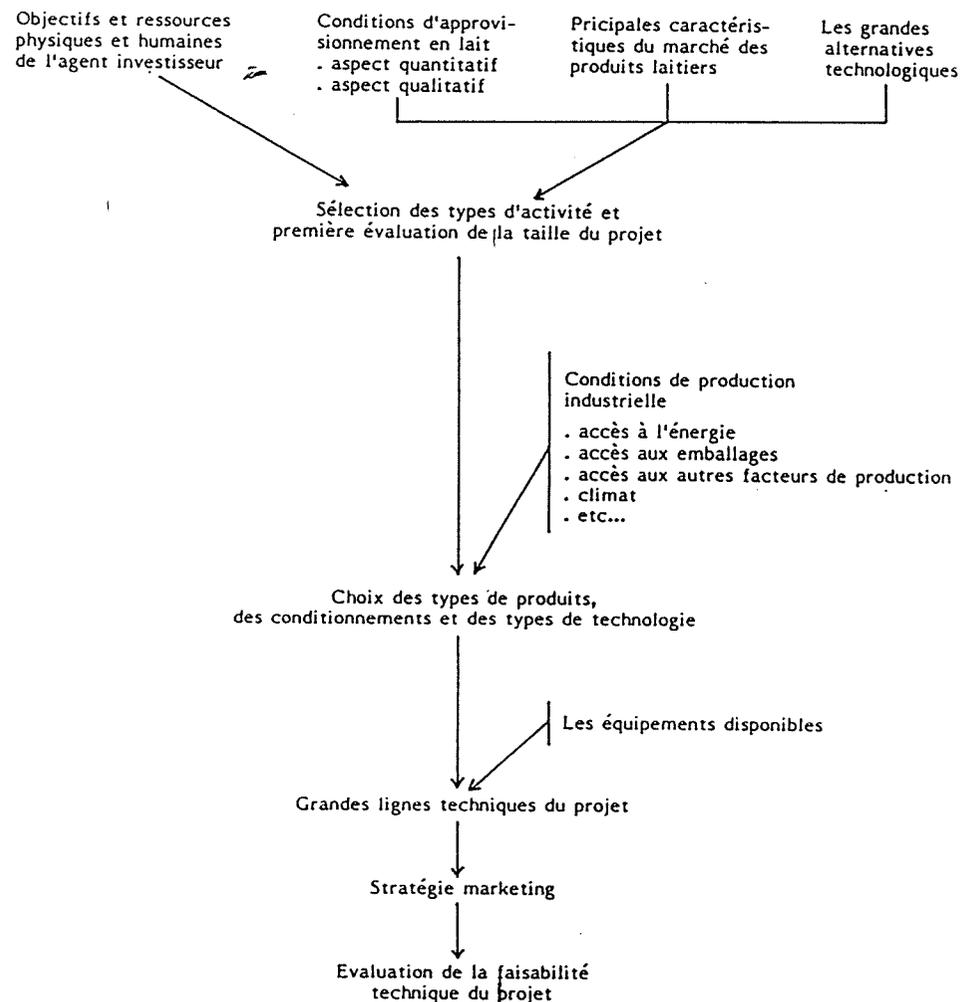
C'est sans doute une démarche préalable indispensable, mais trop fréquemment négligée car jugée implicite. Pourtant avant de lancer une procédure d'investissement, il importe qu'en soient bien définis les acteurs et partenaires et que leurs objectifs soient précisés.

Citons quelques objectifs possibles

- Création de débouchés alternatifs à un monopole d'achat; on trouve fréquemment le cas dans les PVD de producteurs situés dans l'orbite d'un client unique, laiterie moyenne ou grande, nationale ou multinationale. Les producteurs désirent se grouper pour créer un outil industriel alternatif de façon à modifier le marché du lait dans la région; il s'agit dans ce cas d'une opération à la fois financière et économique : on espère certes que la nouvelle laiterie valorisera mieux la matière première et/ou dégagera des profits, mais on compte également sur l'arrivée de ce nouvel entrant pour modifier les conditions de vente du lait dans une région élargie; on aura rétabli une situation de concurrence dont devraient bénéficier tous les producteurs même ceux qui continueront à livrer leur production à l'ancienne laiterie. Dans ce cas, répétons-le, l'objectif ne consiste pas seulement (voire pas forcément) à créer un outil de production rentable mais à améliorer les conditions de vente du lait de l'ensemble des producteurs.

- Création d'un outil industriel permettant un accroissement de la production; autre cas de figure fréquent dans les PVD : une petite production laitière existe dans telle.

LA DEMARCHE DU CHOIX D'UN PROJET DE MINILAITERIE



zone et plafonne faute de débouchés (l'autoconsommation et la transformation artisanale ne permettent pas un accroissement de la production); pour augmenter la production, il faut accroître les débouchés donc s'adresser à des marchés un peu plus éloignés : l'outil industriel peut répondre à cet objectif.

Dans ce cas, la taille de l'unité devra répondre parfaitement aux prévisions de croissance de la production laitière.

- Création d'une unité permettant une alimentation plus riche pour les populations locales; un tel objectif d'intérêt général appartient plutôt aux pouvoirs publics : des déficits nutritionnels ont été mis en évidence dans telle zone pour telle catégorie de population et le lait constituerait une réponse appropriée.

Dans ces conditions, les pouvoirs publics peuvent disposer de deux types de solutions (si l'on excepte le recours à l'aide internationale) :

• Créer eux-mêmes un outil de transformation : c'est par exemple la solution retenue par DIF (Desarrollo Integral de la Familia) au Mexique, organisme public chargé de venir en aide aux plus nécessiteux; DIF a implanté des unités de pasteurisation de lait, conditionnement en emballages carton dont la production est destinée aux scolaires et aux familles pauvres.

(Notons toutefois que les unités DIF sont le plus souvent des unités de dilution de lait en poudre importé; on conditionne le lait obtenu en emballages cartons ou on le distribue en vrac par camion-citerne).

La stratégie " entreprises publiques " est souvent adoptée dans le Tiers Monde mais en ce cas il s'agit généralement d'unités de grandes tailles (faisant souvent appel à des financements internationaux).

• Inciter des agents privés à assurer ce rôle de transformation. Les mesures incitatives peuvent être variées :

* Aides à l'investissement : ce sont des mesures très souvent adoptées à l'égard des coopératives, et nous voudrions en évoquer les effets éventuellement pervers; trop souvent (et avec l'aide de financements internationaux) on remet une unité industrielle à une coopérative qui n'a pas

atteint la capacité de la gérer : l'usine fonctionne mal, les pertes s'accumulent et l'investissement ne profite finalement à personne.

Les pouvoirs publics peuvent catalyser, favoriser, orienter une démarche mais pas la susciter de toutes pièces; en particulier l'aide à l'investissement peut accélérer la concrétisation d'un projet, voire même le rendre possible, mais elle doit s'appuyer sur une dynamique interne.

* Subventions de fonctionnement : elles peuvent servir à orienter la production dans tel ou tel sens. Sur le strict plan de la rentabilité, le meilleur projet d'une minilaiterie pourrait porter sur la fabrication de fromages destinés aux classes riches, marché le plus rémunérateur; en accordant des subventions à la fabrication de lait pasteurisé, destiné aux couches populaires, l'Etat peut détourner le système et faire de ce produit la meilleure alternative de production.

* Subventions aux producteurs : cela revient un peu au même; pour chaque litre de lait livré à la laiterie, le producteur touchera une prime; on augmentera ainsi le revenu de la production agricole sans pénaliser le consommateur.

- Création d'une source nouvelle de profit : on se place cette fois dans le cadre strict de l'entreprise qui cherche à maximiser ses profits, éventuellement au détriment des producteurs; il faut être bien conscient de possibles oppositions d'intérêts entre l'entreprise et les producteurs, même en cas de statut coopératif. Un règlement intérieur précis et détaillé, conçu et accepté par l'ensemble des coopérateurs peut constituer une solution intéressante pour atténuer l'intensité de ces conflits d'intérêt.

Analyse des ressources

Il faut bien sûr définir au préalable quels sont les différents partenaires du projet, et leurs degrés d'implication respectifs. On procédera alors à un recensement des ressources de ces promoteurs :

- ressources physiques : capacité de financement, mais aussi terrains, bâtiments, matériels...
- ressources humaines : connaissances tech-

nologiques, administratives, commerciales, accès à des circuits de distribution, etc.

* Conditions d'approvisionnement en lait

C'est le second point fondamental : les disponibilités en matière première. Elles influeront à la fois sur le dimensionnement de l'installation (en fonction des quantités de produits laitiers accessibles) et sur les types de produits fabriqués.

Influence sur le dimensionnement de l'installation

On évaluera les quantités de lait disponibles dans des rayons de x_1, x_2 km tout autour de l'usine; pour chaque cas, on évaluera les conséquences en termes de circuits de collecte (kilomètres parcourus, durée des tournées de ramassage, types de productions concernées, etc.). On n'écartera pas les alternatives de compléments d'approvisionnement en poudre de lait ou achats à des centres de collecte : ces compléments pourront permettre d'atteindre un seuil de production ou de désaisonnaliser le fonctionnement de l'entreprise.

Influence sur les types de produits finis

Certaines fabrications ou certaines technologies exigent des laits de caractéristiques particulières :

- la fabrication de lait UHT demandera des laits d'excellente qualité, notamment sur le plan de la stabilité
- la fabrication de lait pasteurisé et de lait de consommation en général ne pourra se satisfaire d'une matière première ayant déjà subi une fermentation lactique avancée
- la pasteurisation haute d'un lait trop acide peut amener une prise en masse
- un lait déjà partiellement acidifié pourra très bien convenir à la fabrication de fromages
- etc.

Bien sûr, on peut modifier la qualité du lait

en agissant sur les conditions de production ou de collecte-stockage, mais il faut être bien conscient que ces processus peuvent être longs et coûteux : alors plutôt que d'espérer instaurer un système de stockage-collecte en chaîne froid ininterrompue, peut-être vaut-il mieux à court terme s'orienter vers des types de produits compatibles avec la qualité actuelle de la matière première, quitte à amorcer un mouvement d'amélioration progressive de la qualité permettant d'assurer à terme la diversification des activités.

Nous insisterons une dernière fois sur ce point : il importe de bien connaître dès l'origine du projet les principales caractéristiques du lait qui arrivera à l'usine, les foyers de contamination entre le producteur et l'usine ainsi que les remèdes possibles pour améliorer la qualité : ces informations influeront sur la stratégie produit, mais aussi sur les besoins en équipement (besoins en chaîne froid, en matériel de contrôle et de laboratoire, etc.).

* Principales caractéristiques du marché des produits laitiers

Il s'agit plutôt d'une pré-étude de marché puisque nous n'avons pas besoin d'informations précises (nous contentant le plus souvent de données qualitatives) : il faut analyser simultanément le marché et la concurrence.

- Quels types de produits laitiers se consomment dans la zone? Y a-t-il des traditions de consommation abandonnées? (il est généralement plus facile de restaurer une consommation que d'en créer une ex nihilo).
- Quels sont les systèmes existants de distribution de produits alimentaires? Y a-t-il des exemples de produits vendus sous chaîne de froid? Quel est le taux d'équipement en réfrigérateur des ménages et des points de vente?

Ces questions concernant les circuits de distribution doivent nous permettre d'évaluer :

- s'il est concevable d'implanter un circuit de distribution de produits laitiers frais,
- avec quelle périodicité devront se faire les livraisons (on peut imaginer un

système de vente de produits frais en circuit court sans chaîne de froid : en ce cas, les délais doivent être extrêmement courts entre fabrication et consommation).

L'expérience montre que le domaine de la minilaiterie est plutôt le circuit court (d'ailleurs aussi bien au niveau de la collecte de la matière première que de la distribution de produits finis); la force de la minilaiterie réside dans sa présence locale, qui se traduit par une rapidité d'intervention, des liens humains forts avec la clientèle, etc.

Mais une minilaiterie (et en particulier une minifromagerie) peut rechercher un équilibre de son marché entre deux pôles :

- un marché local, où elle s'efforcera de livrer tous les types de distributeurs (du marché forain au supermarché en passant par les restaurants, les cantines, etc.) : on exploite à fond une rente de situation.
- un marché urbain plus éloigné où l'on recherchera un écoulement (par l'intermédiaire de grossistes éventuellement) de produits à forte valeur ajoutée : beurre, fromages affinés, etc. Ce second marché apparaît souvent comme un complément de chiffre d'affaires et surtout de marges indispensable à la rentabilité de l'installation.

L'analyse de la concurrence nous apportera trois types d'information :

- quels sont les autres clients pour les producteurs laitiers et que représentent donc pour eux des alternatives de commercialisation ? Ce point est particulièrement important pour la détermination du dimensionnement de notre minilaiterie.
- quels sont nos concurrents sur le marché des produits finis ? Certaines techniques sont particulièrement bien adaptées aux grandes entreprises; si, par exemple, il existe dans la zone une grande unité de production de lait UHT, il sera illusoire de confier une production de ce type à notre minilaiterie : elle accéderait bien difficilement à la compétitivité aussi bien sur le plan du prix que sur celui de la qualité.
- peut-on envisager un partenariat, une association avec d'autres agents transformateurs de lait (artisans ou industriels) ? Pour rentabiliser un circuit de distribution

de produits frais, il peut être intéressant de distribuer à façon des produits complémentaires; à l'inverse, on peut éventuellement envisager de faire distribuer nos produits frais par d'autres réseaux déjà implantés.

Sur un plan macroéconomique, l'analyse de la concurrence revêt également une importance primordiale : quel sera l'impact de la nouvelle entreprise sur les agents existants ? En particulier les artisans risquent-ils de pâtir de cette implantation ? Les emplois industriels créés ne mettront-ils pas en péril des emplois dans le monde artisanal ?

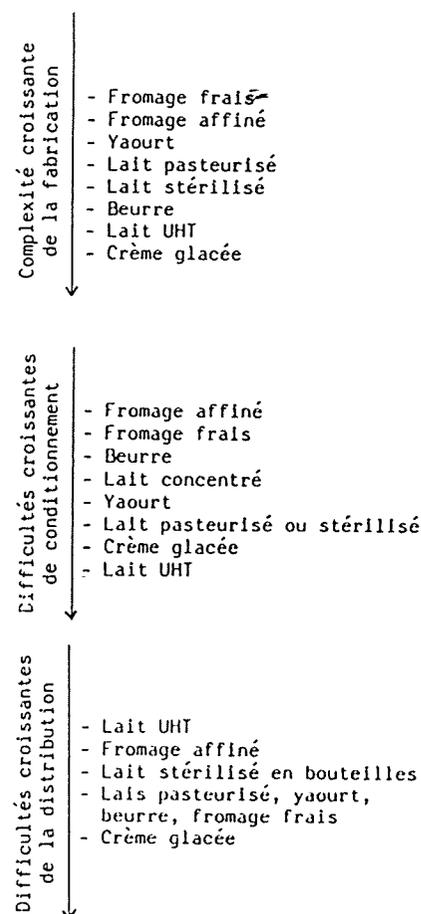
* Les grandes alternatives technologiques

Nous les avons décrites dans les chapitres 2 et 3 du présent document. Nous retiendrons huit grandes catégories de produits que nous classons ci-contre selon différents critères.

Ces classements sont sans doute criticables mais nous proposons quelques éléments d'explication et de justification :

- complexité de fabrication : ce terme inclut à la fois le savoir-faire, l'équipement, et les exigences de qualité concernant la matière première, ce qui explique la place des fromages qui demandent certes de grandes connaissances fromagères mais acceptent des laits de qualité variée et peuvent nécessiter peu d'équipements.
- difficultés de distribution : c'est en règle générale la durée de vie du produit qui définit sa plus ou moins grande facilité de distribution. Toutefois le lait stérilisé en bouteilles est pénalisé par le poids et la fragilité des récipients, les circuits de retour des consignés, etc.
- difficultés de conditionnement : le conditionnement est un des problèmes délicats de l'industrie laitière; parfois les équipements de conditionnement représentent la moitié de l'investissement en matériel de l'unité. Les fromages frais posent peu de problèmes car ils peuvent être directement vendus dans leur moule d'égouttage (ce qui imposera un système de récupération des consignés...).

HIERARCHISATION DES ALTERNATIVES TECHNOLOGIQUES



En fonction de ces différents types de données, on pourra :

- sélectionner les grandes lignes d'activité du projet; à cet égard, il faut s'efforcer de prévoir une complémentarité des activités. Prenons l'exemple d'un projet orienté vers la pasteurisation du lait : est-il possible d'en faire une monoproduction ? Sur le seul plan technique (et sans tenir compte des exigences de rentabilisation

d'un circuit de distribution), il paraît souhaitable d'y adjoindre un atelier de fromage. En effet, un atelier de pasteurisation du lait ne pourra valoriser deux types de sous-produits :

. les " eaux blanches " : produites lors du nettoyage des équipements, elles contiennent des quantités notables de composants du lait,

. les matières premières impropres à la fabrication de lait pasteurisé (par exemple fermentation acide trop avancée) : on peut soit refuser d'acheter le lait considéré comme non conforme (le lait sera alors perdu, entraînant une perte de revenu pour le producteur), soit lui trouver une autre valorisation (sous forme de fromages par exemple).

N'oublions pas également de prévoir le mode de valorisation des sous-produits (lactosérum et babeurre en particulier) : restitution aux coopérateurs, utilisation sur place dans une porcherie adjacente, écrémage du sérum avec fabrication de beurre...

- dimensionner l'unité : le dimensionnement devra tenir compte des quantités de lait disponibles, des potentialités du marché, des seuils technologiques des équipements, etc.

4.2.2. Deuxième étape : choix des types de produit, des conditionnements et des types de technologie

Au cours de cette seconde étape, on affinera la conception industrielle du projet, ce qui aboutira à l'élaboration d'une sorte de " cahier des charges " grossier assigné au bâtiment et aux équipements. Aux données déjà collectées, on intégrera des informations concernant les conditions de production industrielle :

* Accès à l'énergie

Disponibilité et coûts des différentes sources d'énergie. Cette analyse fournit deux types de renseignements :

- coût absolu de l'énergie : si le coût des

différentes formes d'énergie est élevé, cela pourra éliminer certaines fabrications, particulièrement énergétiques (fromages exigeant de longues durées d'affinage en atmosphère conditionnée, lait stérilisé, etc.). De plus, cela nous donnera un bon indice de l'intérêt du recours aux économies d'énergie ou aux énergies renouvelables (par exemple opportunité du préchauffage solaire de l'eau destinée à la pasteurisation).

- coût relatif des différentes sources d'énergie : cela permettra de déterminer les grandes options énergétiques (tout électrique, vapeur par combustibles solides ou liquides, etc.).

* Accès aux emballages

Autre élément d'information indispensable. Il s'agit d'apprécier non seulement les coûts d'investissement et de fonctionnement relatifs à chacune des solutions "emballage" (ainsi que les effets induits sur le reste de la chaîne), mais aussi la régularité et la sécurité des approvisionnements (en film plastique ou carton, en sachets, en bouteilles...).

Pour des faibles niveaux de production de lait liquide, on aura surtout le choix entre bouteille de verre et sachet plastique préformé; pour les débits plus importants, d'autres solutions apparaissent : film plastique, puis emballage carton préformé, rouleau carton et bouteille extrudée sur place.

* Accès aux autres facteurs de production

- Main-d'oeuvre : le personnel non qualifié est abondant dans le Tiers Monde mais il faudrait se garder de sous-estimer le poste "coût de main-d'oeuvre" dans le prix de revient des produits. Néanmoins la relation coût de main-d'oeuvre/coût de l'équipement est généralement inférieure à celle que l'on trouve dans les pays industrialisés : des solutions techniques économes en capital mais coûteuses en main-d'oeuvre, exclues en Europe, peuvent s'avérer rentables dans les PVD. En

revanche, les postes de techniciens et de direction pourront être plus difficiles à pourvoir.

- Eau : les laiteries demandent de grandes quantités d'eau notamment pour le lavage des locaux et des équipements.

- Climat : le climat pourra influencer sur le choix du meilleur site et sur la programmation des productions en fonction des saisons.

On pourra dès lors solliciter les constructeurs d'équipements locaux et étrangers pour recenser les matériels disponibles correspondant aux productions sélectionnées; on se préoccupera également de définir les alternatives en génie civil : parpaings, construction métallique préfabriquée, etc. Insistons une dernière fois sur le conditionnement des installations : l'industrie laitière demande "beaucoup de froid" et "un peu de chaud"; il importe donc de séparer convenablement les ateliers correspondants et de procéder à des isolations poussées.

Le poste "énergie" d'une minilaiterie d'un PVD peut être prohibitif et il faut, lors de la conception de l'installation, s'efforcer de le minimiser : préchauffage solaire de l'eau, isolation des locaux, sélection des produits, programmation saisonnée de la production, etc.

A cette étape du projet, et parfois même avant, on consultera des fabricants d'équipements, nationaux ou étrangers, des cabinets d'ingénierie, des ingénieurs conseils.

La plupart du temps, ces interlocuteurs seront des spécialistes de la technologie laitière et pas des minilaiteries, et il y a là un risque de dérapage des investissements. Pourquoi ?

- Tout d'abord, dans la majorité des cas, toutes ces personnes ont intérêt à maximiser l'investissement : leur rémunération ou celle de leur entreprise en dépend.

- Mais ce n'est peut-être pas là le facteur le plus important, car on court le risque qu'un investissement trop élevé entraîne une annulation du projet. Très souvent, en revanche, le technologue laitier, qui conçoit une installation, aura tendance à

jouer la sécurité et le "confort de gestion" : il dessinera une unité dans laquelle lui se sentirait à l'aise et qu'il dirigerait volontiers.

Et c'est pourquoi il préconisera une pasteurisation à plaques en tête d'atelier, s'entourera de quelques garanties de contrôle-automatisation, etc... et l'on arrivera à des niveaux d'investissement très élevés, qui nous paraissent contrares à l'option "minilaiterie".

Dans une minilaiterie on devra privilégier la formation des hommes au détriment de l'automatisation des installations. Il y a là un choix fondamental : la minilaiterie est aussi un moyen d'acquisition d'un savoir faire laitier et pas seulement un outil de collecte d'excédents ou de distribution de produits nutritifs.

Ce point mérite d'être souligné dans le dialogue avec les constructeurs : mais il faut bien comprendre aussi que l'élimination des systèmes de contrôle accroît les risques de "pépin" et suppose une compétence laitière du personnel, et un comportement professionnel. C'est un pari mais il mérite d'être tenté.

4.2.3. Troisième étape : Grandes lignes techniques du projet

Les documentations sur les équipements disponibles permettront de préciser les grandes lignes techniques du projet : configuration de l'unité, programme de production, coût d'investissement, etc. Il ne s'agit pas encore d'un dossier technique complet mais d'une esquisse de l'outil de production qui permettra de calculer les prix de revient.

4.2.4. Quatrième étape : stratégie marketing

L'ensemble des informations recueillies sera transformé en plan marketing :

* Principaux choix marketing

- Produits fabriqués : caractéristiques des différents produits sélectionnés. Image

dont on veut doter ces produits : "produits sains", "produits locaux", "produits nutritifs", "produits savoureux", etc.

- Prix : la fixation des prix devra tenir compte à la fois de données marketing (prix des produits concurrents, pouvoir d'achat des clients potentiels) et des coûts de revient prévus de notre future unité.

- Système de distribution : par quels canaux de distribution (vente directe, vente à des détaillants, ventes aux supermarchés, ventes aux collectivités, etc.) pourra-t-on atteindre les consommateurs? Comment sera organisé le système de livraison à ces différents circuits?

- Communication-publicité : on peut s'étonner d'entendre parler de marketing dans un ouvrage sur les minilaiteries des PVD et on s'étonnera encore davantage de voir évoquer les problèmes de "publicité". On considère souvent (trop souvent) que dans les PVD le problème n'est pas de vendre mais de produire, que la faiblesse de consommation alimentaire ne peut s'expliquer que par la faiblesse des revenus ou de la production, etc.

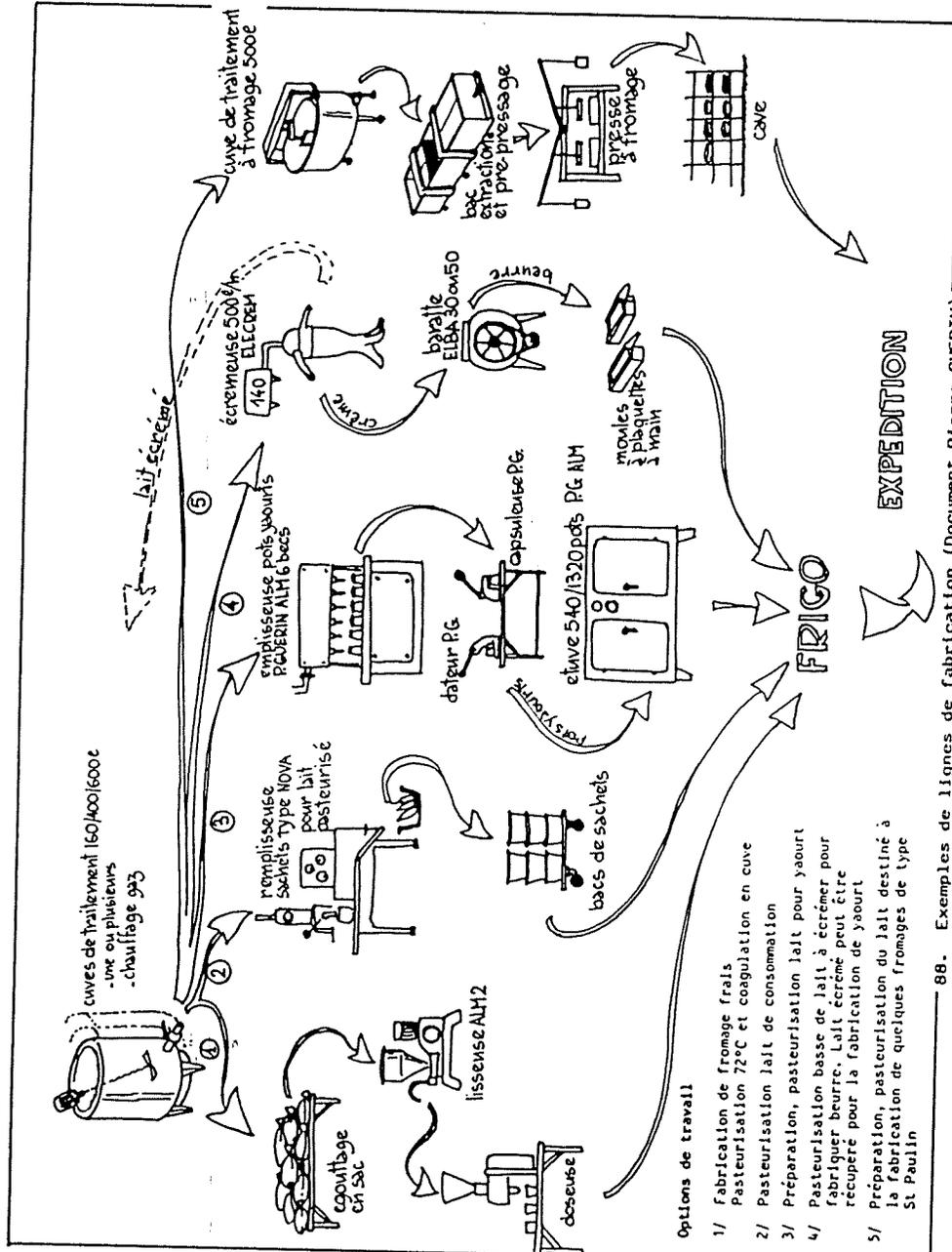
Nous sommes néanmoins convaincus que "tout n'est pas question d'élasticité-prix ou d'élasticité-revenu" :

. dans les PVD, la consommation des sodas multinationaux est souvent très élevée parmi les classes populaires, alors que la consommation de lait reste faible,

. un produit importé, plus cher, sera parfois préféré,

. la "densité publicitaire" (généralement multinationale) est souvent très forte dans les PVD.

Car même dans les PVD, on ne se nourrit pas seulement de calories, de protéines, ou d'oligo-éléments mais aussi de symboles et d'images. Il importe de donner une image positive, favorable à notre minilaiterie et à ses produits. Communication ne signifie pas nécessairement "spots télévisés" (bien sûr hors de portée d'une minilaiterie) mais peut se limiter au contenu et à la forme du dialogue avec les distributeurs, au graphisme de



88. Exemples de lignes de fabrication (Document Pierre GUERIN)

l'emballage, à quelques manifestations de promotion, etc.

- * Planification de la production et des ventes

Il s'agit de se doter d'objectifs de ventes et de prévoir le rythme de montée en charge de l'installation.

4.2.5. Cinquième étape : étude de pré-faisabilité

Le projet est maintenant relativement précis. Il importe d'en évaluer la faisabilité financière, économique et sociale.

L'étude de pré-faisabilité doit faire référence aux objectifs assignés à la minilaiterie lors de la première étape du projet : l'usine même permet-elle de répondre à ces objectifs et correspond-elle bien aux ressources disponibles ?

Selon les conclusions de l'étude on pourra éventuellement rectifier le projet (réduire le montant de l'investissement, accroître la capacité de production, accélérer la montée en charge, etc.) afin de parvenir peu à peu à l'atelier définitif.

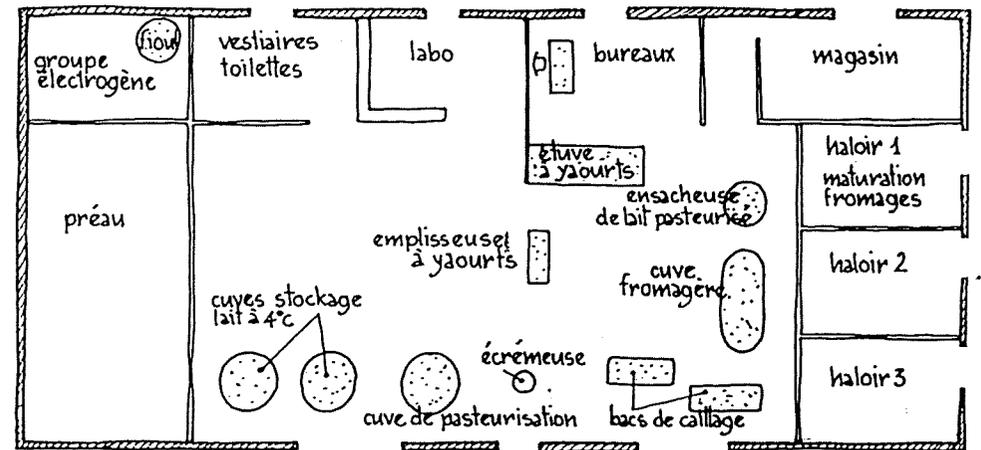
4.3. QUELQUES CAS CONCRETS DE PETITES INSTALLATIONS LAITIÈRES

Nous proposons quelques exemples d'installations laitières correspondant au créneau des minilaiteries; il ne s'agit pas de modèles qu'il faudrait imiter mais seulement d'illustrations.

- Le schéma ci-contre (document PIERRE GUERIN, fig. 88) montre des lignes types de fabrication de produits laitiers à petite échelle, qui peuvent parfaitement être combinées en une seule installation. Comme on le voit, cette société propose toujours une pasteurisation en tête.

Il ne s'agit que d'un schéma, pour passer à l'installation, il faudra prévoir des équipements complémentaires tels que bacs de stockage du lait, équipement de labs, voire groupe électrogène et l'édifice devant accueillir l'ensemble des équipements.

- Donnons comme premier exemple une unité récemment installée par la société PIERRE GUERIN au Rwanda (voir fig. 89); cet atelier a coûté environ 120 000 US\$ en incluant pièces de



89. Plan-masse d'une minilaiterie installée par Pierre GUERIN au Rwanda en 1985

rechange, équipement de labo, etc.

L'ensemble des équipements fut importé de France; le lancement de l'usine nécessita la présence d'un technicien du constructeur pendant 6 mois.

L'unité fabrique du lait pasteurisé (conditionné en sachets), des yaourts, des laits fermentés et des fromages à pâte fraîche.

- 2ème exemple : minilaiterie française destinée à la fabrication de produits " haut de gamme ". Il s'agit de la laiterie de GRIGNON située au sein du Domaine de l'Institut National Agronomique (1).

C'est une minilaiterie " de luxe ", qui assure sa rentabilité grâce à des prix de vente élevés.

. Capacité actuelle : 2000 l/jour. Mais va passer à 10 000 l/j avec 50 000 F d'investissement supplémentaire

. Investissement : 1,6 million de F (mais certains équipements achetés d'occasion)

. Surface de l'installation : 300 m² au sol (+ 300 m² à l'étage pour stocker les emballages plastiques)

. Produits fabriqués : yaourts étuvés, crème, fromages frais (égouttage en sac), lait pasteurisé

. Personnel = 3 personnes à temps plein

. Schéma de fabrication :

lait refroidi à son arrivée à la laiterie : dans un échangeur à plaques (alimenté par mélange eau glycolée) et stocké dans un tank de 5000 l

lait pasteurisé vendu aux collectivités en bidon de 10 et 30 l

étuvage des yaourts dans un " tunnel chaud " à 45°C. Puis passage en chambre froide : 20 minutes pour abaisser la température de 45°C à 10°C et éviter ainsi l'acidification du produit

Fromage frais : les responsables de l'unité avaient hésité entre 3 solutions :

. coagulation-égouttage dans une cuve fromagère adaptée

Avantage : économie de main-d'oeuvre

Inconvénients : cuve immobilisée longtemps (36 h de coagulation et 8-10 h d'égouttage). Investissement plus important : 75 000 F pour la cuve spécialisée contre 15 000 F pour une cuve simple

. coagulation en cuve simple, égouttage en sacs

Avantages : investissement plus faible. Cuve immobilisée moins longtemps

Inconvénient : coût de main-d'oeuvre supérieur

. égouttage par centrifugation : investissement jugé disproportionné par rapport aux besoins.

On a choisi la solution " égouttage en sacs ".

. Rythme de fabrication : les unités de fabrication de fromage frais et yaourt sont dimensionnées en équipements (cuverie, stockage), et en chambres froides et chaudes en fonction des capacités suivantes :

. fromage frais : 2 jours de fabrication par semaine. Capacité max. : 3000 l/fabrication, soit 1000 kg environ de fromage frais par jour, soit 2000 kg environ de fromage frais par semaine.

. yaourt : 3 jours de fabrication par semaine. Capacité max. : 500 l/fabrication, soit 4000 yaourts environ par jour, soit 12000 yaourts environ par semaine.

. crème : en fonction de la teneur en matière grasse du lait et des fabrications.

. Rentabilité de l'installation : le lait livré à la coopérative est payé 1,75 F/l. Comment la laiterie de Grignon le valorise-t-elle ?

Voir les tableaux ci-contre.

	Yaourt lait entier pot carton 12,5 cl	Fromage blanc pot 500 g
Coefficient de transformation du lait	1 litre donne 8 pots	1 litre donne 500g de fromage frais
Coût emballage	0,30 F	0,88 F
Coût main-d'oeuvre-pasteurisation	0,01 F	0,10 F
Coût conditionnement	0,15 F	1,20 F
Coût amortissement matériel	0,04 F	0,44 F
Coût poudre	0,05 F	-
Coût ensemencement	0,02 F	-
= Coût Transformation	0,57 F	2,62 F
+ Coût matière première (lait au prix coopérative)	0,22 F	1,75 F
Coût de production total	0,79 F	4,37 F

Un yaourt de ce type est vendu 1,10 F, 1,30 F ou 1,50 F selon le client.
Le pot de fromage blanc est vendu de 7 à 10 F.

	Yaourt/pot 12,5 cl			Fromage blanc/pot 500 g	
	1,10 F/pot	1,30 F/pot	1,50 F/pot	7,00 F/pot	10 F/pot
Prix de vente	1,10 F/pot	1,30 F/pot	1,50 F/pot	7,00 F/pot	10 F/pot
Gain par rapport au lait vendu en coopérative	0,31 F/pot	0,51 F/pot	0,71 F/pot	2,63 F/pot	5,63 F/pot

(1) Les informations concernant la laiterie de Grignon nous ont été communiquées par Anne-Lucie Raoult, responsable du Bureau de Presse de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon.

- 3ème exemple : Projet d'implantation d'une minilaiterie à BANGUI (République Centrafricaine). Projet ALFA-LAVAL.

. Capacité : 2 500 l lait traité/jour pouvant passer à 3 500 l/jour.

. Investissement : environ 400 millions FCFA, soit 8 millions de francs français (dont 2,4 MF équipement, 2 MF d'assistance technique, 1,7 MF de génie civil...)

. Produits fabriqués :

- 250 l/jour de lait pasteurisé
- 250 l/jour de lait pasteurisé aromatisé
- 5 600 pots de yoghourt sucré par jour
- 5 600 pots de yoghourt aromatisé par jour
- 100 kg de fromage blanc
- 75 kg de beurre

. Personnel : 32 personnes dont :
 15 à la production
 8 à l'administration-commercialisation-contrôle
 9 à la collecte.

. Schéma de fabrication : Le système de fabrication de l'unité de BANGUI est visualisé par le schéma ci-contre. Comme on le voit, le lait est refroidi à + 4°C dès

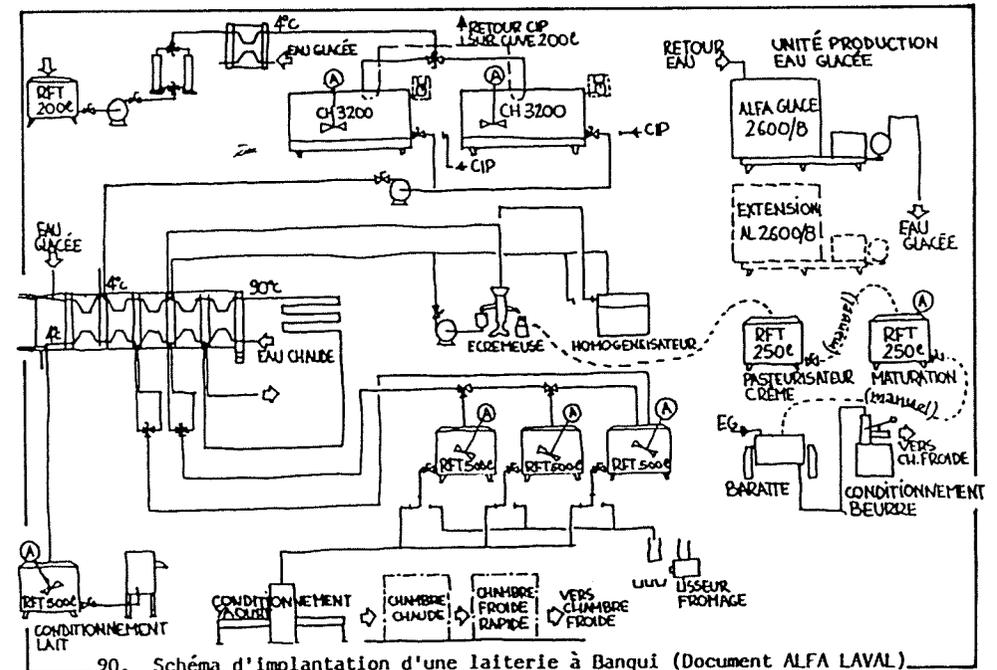
son arrivée à l'usine et stocké dans des cuves de 3 200 l. De là, il est pompé pour aller dans la section de pasteurisation; la pasteurisation est réalisée de façon différente selon les produits :

- lait pasteurisé : 90°C pendant 20 secondes
- yoghourts : préchauffage jusqu'à 50°C puis homogénéisation puis 90°C pendant 20 secondes
- fromage blanc, préchauffage jusqu'à 50°C puis écrémage puis 90°C pendant 20 secondes.

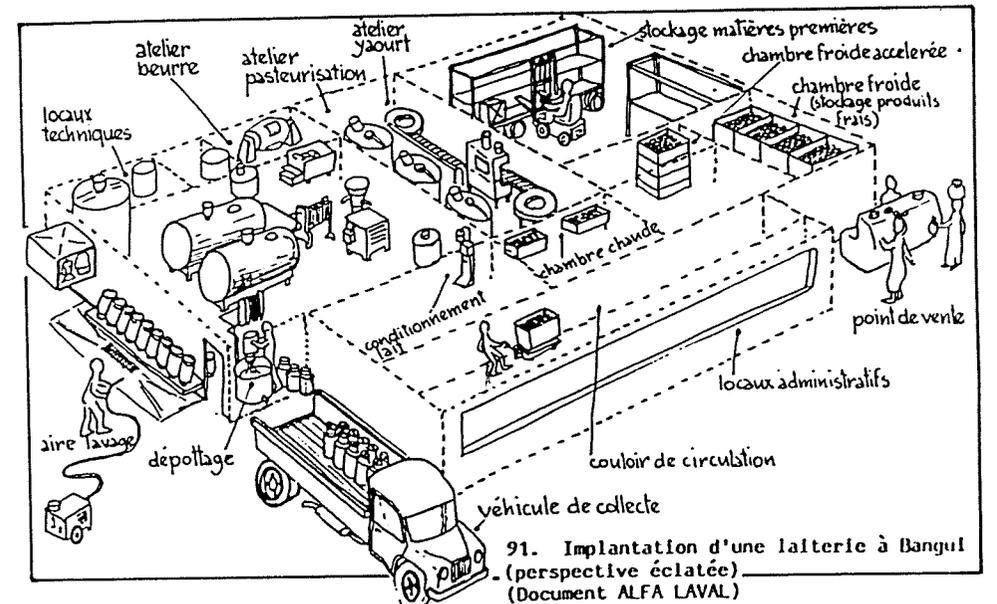
Après pasteurisation, le lait est envoyé dans des cuves d'où il sera réparti vers les ateliers spécialisés.

. Rentabilité de l'installation : il s'agit d'une minilaiterie sophistiquée où l'on n'a pris aucun risque (pasteurisation de toute la production, refroidissement à 4°C dès réception, etc.), ce qui implique un investissement très élevé. Le taux de rentabilité prévu, 23 %, ne peut être atteint que grâce à des prix de vente élevés.

	Prix de revient		Prix de vente	
	F CFA	F CFA	F CFA	FF
Yoghourt	67 F CFA/pot	100	2	/pot
Lait	333 F CFA/l	275	5,5	/l
Beurre	1 110 F CFA/kg	2 000	40	/kg
Fromage blanc	1 450 F CFA/kg	2 000	40	/kg



90. Schéma d'implantation d'une laiterie à Bangui (Document ALFA LAVAL)



91. Implantation d'une laiterie à Bangui (perspective éclatée) (Document ALFA LAVAL)

- 4ème exemple : Ensemble de minilaiteries au Costa Rica.

L'entreprise VITOLA s'efforce d'implanter au Costa Rica un système de production fromagère qui a fait ses preuves en Europe et aux USA : la décentralisation de la production du fromage frais et la centralisation de l'affinage. Plutôt que de transporter le lait sur de grandes distances et dans des conditions difficiles, les responsables de VITOLA ont décidé d'implanter dans les zones de production des minifromageries qui n'auront pour fonction que la fabrication d'un semi-produit : un fromage blanc destiné à être affiné dans la fromagerie centrale.

Minifromagerie :

- . Capacité : 6 000 l de lait transformés par an et par minifromagerie.
- . Investissements : 92 000 US\$ par mini-

fromagerie (prix 1984). En fait, cet investissement comprend l'installation d'équipements auxiliaires importants :

- Minifromagerie (107 m²) : environ 30 000 \$
Génie civil : 14 000 \$
Equipements : 15 300 \$
- Porcheries (pour la valorisation du lactosérum) : 60 000 \$ (3 porcheries de 435 m² par minifromagerie)
- Biodigesteurs (pour la valorisation du lisier de porc : 2 700 \$.

L'entreprise VITOLA envisage d'implanter une trentaine de minifromageries dans l'ensemble du pays.

Pour l'instant seules quelques unités sont déjà installées et la fromagerie centrale est en voie d'agrandissement à San José.

Affaire à suivre.

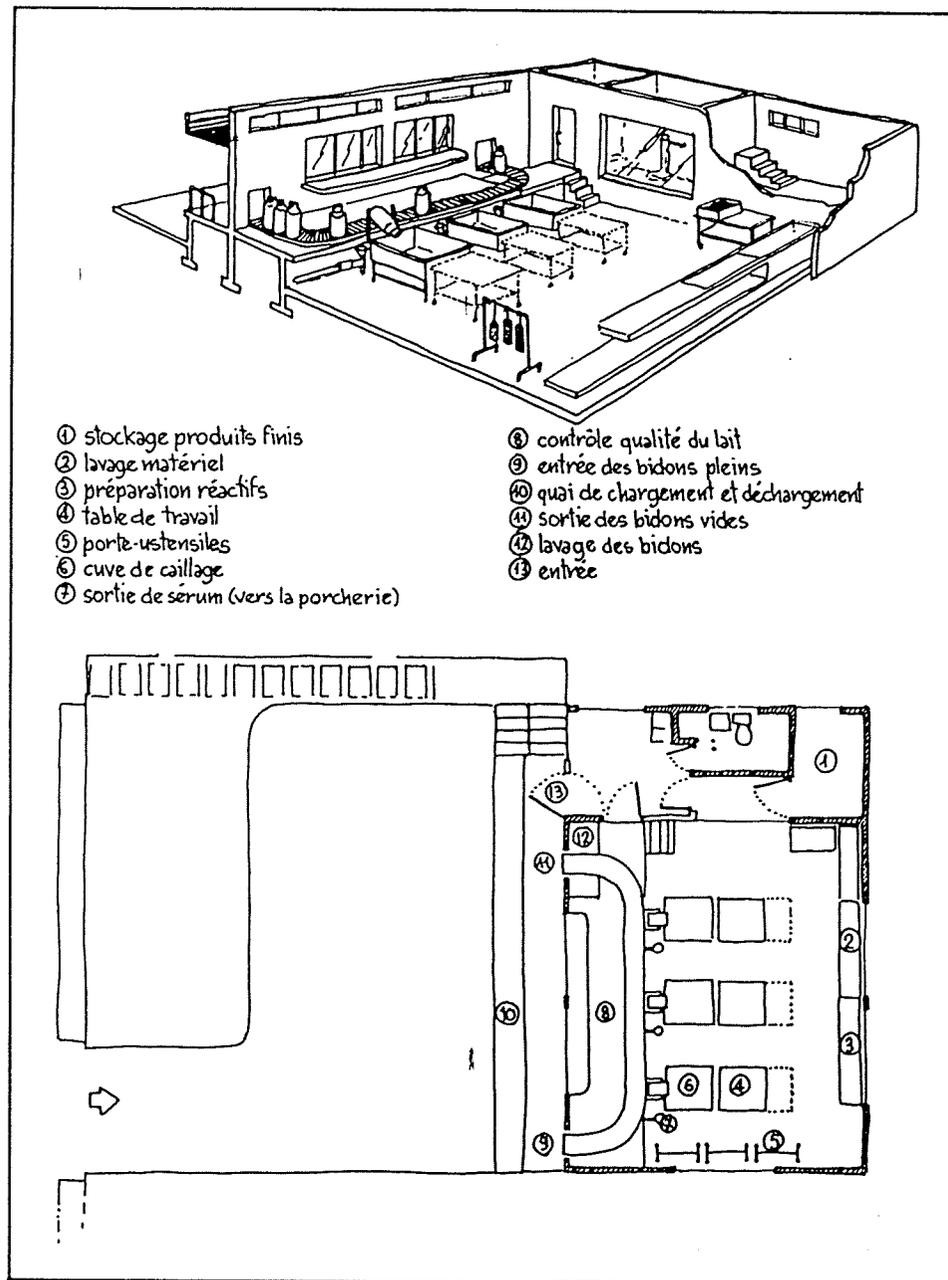
Voilà quelques exemples très ponctuels et très différents de minilaiteries.

La Cellule Industrie du GRET souhaite multiplier les petites monographies d'installations et leur donner une large diffusion; pour constituer ce catalogue ou cette banque de données de petites unités industrielles (que nous ne limiterons d'ailleurs pas aux minilaiteries mais que nous élargirons par la suite à l'ensemble des activités agro-alimentaires), nous sollicitons aussi votre concours : nous demandons à tous ceux qui ont participé à la conception ou au

fonctionnement d'une telle unité (ou l'ont même simplement connue en détail) de nous en envoyer une description la plus précise possible.

L'ensemble de ces informations réunies en un dossier " exemples de minilaiteries dans le monde " constituera un appoint précieux au présent ouvrage et pourrait amorcer des échanges fructueux entre professionnels, producteurs laitiers, techniciens spécialisés, constructeurs d'équipements... du monde entier.

Merci d'avance pour votre participation.



Minifromagerie VITOLA au Costa Rica (Doc. VITOLA)

ANNEXES

ANNEXE 1	Rendements de fabrication	114
ANNEXE 2	Les ferments	115
ANNEXE 3	Valorisation du babeurre et du lactosérum	117
ANNEXE 4	Utilisation du lait en poudre	119
ANNEXE 5	Un exemple d'utilisation de l'énergie solaire	120
ANNEXE 6	Petits ateliers de fromagerie traitant moins de 2 000 l. par jour	121
ANNEXE 7	Mini-catalogue des constructeurs d'équipements pour l'industrie laitière	123
ANNEXE 8	Lexique	128
ANNEXE 9	Pour en savoir plus	131

ANNEXE N° 1
RENDEMENTS DE FABRICATION

CREME ET BEURRE : rendement proche de 13 % pour la crème et 6 % pour le beurre.

1 000 kg de lait frais à 5 % de MG $\begin{cases} \rightarrow 130 \text{ kg crème à } 38 \% \text{ de MG} \\ \rightarrow 870 \text{ kg de lait à environ } 0 \% \text{ de MG} \end{cases}$

1 000 kg de crème à 38 % de MG \longrightarrow 460 kg de beurre à 82 % de MG

d'où 1 000 kg de lait frais \longrightarrow 60 kg de beurre à 82 % de MG

FROMAGES : rendement de 8 à 15 %

ANNEXE N° 2
LES FERMENTS

LES TYPES DE FERMENTS

Nous avons vu que la transformation du lait faisait largement appel aux micro-organismes, c'est-à-dire aux ferments. Les espèces de micro-organismes sont innombrables, mais ceux qui interviennent dans la maturation du lait restent peu nombreux; citons :

- maturation de la crème pour faire le beurré :

- . streptococcus lactis
- . streptococcus cremoris

- yaourt

- . lactobacillus bulgaricus
- . streptococcus thermophilus

- lait acide

- . lactobacillus acidophilus

- kéfir, koumiss

- . levures
- . mélange de S. lactis, S. cremoris, leuconostoc dextranicum, bacillus kefir

- fromages

- . bactéries lactiques diverses : retenons quelques exemples :
 - pâtes fraîches } Streptocoques lactiques mésophiles (lactis, cremoris...)
 - pâtes molles }
 - pâtes cuites : S. thermophilus, lactobacillus helveticus.
- . présure : la présure n'est pas constituée de micro-organismes, c'est un mélange d'enzymes (c'est-à-dire de substances biochimiques) que l'on extrait d'un des estomacs (la caillette) de jeunes ruminants (veau, agneau, chevreau). Rappelons que la présure sert à la coagulation du lait pour la préparation des fromages.

MODE DE PREPARATION DES FERMENTS

On peut distinguer trois grands types de techniques :

- L'ensemencement " naturel " : les micro-organismes pullulent dans le milieu ambiant et agissent spontanément sur un produit alimentaire " abandonné " pendant quelque temps. Au niveau artisanal, on pourra donc laisser le lait fermenter " naturellement " sans addition de levains d'aucune sorte. Le gros handicap de cette technique rudimentaire réside dans la concurrence entre les multiples espèces de micro-organismes : on ne pourra pas " conduire " l'évolution du produit; des

micro-organismes indésirables peuvent intervenir, qui altéreront le produit. Même au niveau d'une petite laiterie, cette pratique est à déconseiller formellement.

- L'ensemencement par le produit fabriqué la veille : onensemence le lait par un peu de lait fermenté ou de crème mûrie prélevée de la préparation du jour précédent. On sélectionne déjà mieux les souches de micro-organismes utilisées puisqu'en prélevant un peu de produit fini, on prélève des micro-organismes qui ont conduit l'évolution dans le sens souhaité : ces micro-organismes sont mélangés dans la matière première (lait caillé, crème, etc.), s'y multiplient et provoquent à nouveau la maturation désirée. Inconvénient de cette technique : la contamination progressive en espèces non désirables. Une laiterie n'est pas un milieu aseptique, le lait lui-même contient de nombreuses espèces de germes (surtout si on ne le pasteurise pas avant traitement), donc d'autres micro-organismes vont intervenir dans le processus et se transmettront également lorsque l'on prélèvera du produit fini. Le levain sera donc contaminé.
- L'ensemencement en levains sélectionnés : on ajoutera à la matière première que l'on veut traiter un levain constitué exclusivement de micro-organismes de l'espèce voulue; il n'y aura donc pas contamination par des micro-organismes indésirables. Ces levains sont fabriqués par des laboratoires et se présentent sous forme de poudre lyophilisée.

On peut :

- . soit ensemencer chaque cuve, chaque lot de matière première avec le produit industriel, solution extrêmement coûteuse,
- . soit cultiver les levains dans la minilaiterie : le produit industriel sert seulement de souche originelle; on fera multiplier ces micro-organismes dans un milieu aseptique et on disposera ainsi en permanence d'une souche de micro-organismes sélectionnés. Mais attention, on entre dans le domaine de la microbiologie; de telles pratiques nécessitent des mesures d'aseptie très strictes et des manipulations très soignées.

On utilise pour la culture des micro-organismes une cuve d'incubation qui est une cuve de traitement thermique (par exemple une cuve à double paroi à circulation de vapeur et d'eau glacée). On préparera le levain chaque jour pour le lendemain en ajoutant à la culture mère du lait écrémé, que l'on chauffe. Par exemple pour les levains de la crème, on chauffe le mélange à 85° pendant une heure, puis on refroidit à 23-24°. On peut également effectuer le chauffage dans une étuve. Les levures peuvent de même être cultivées.

En ce qui concerne la présure, on ne peut recourir à ces techniques de multiplication puisqu'il s'agit d'une enzyme et non de micro-organismes. Il faudra donc à chaque fois utiliser la substance initiale qui ne peut se cultiver. On pourra soit employer un produit industriel (vendu généralement sous forme de concentré liquide), soit le fabriquer à partir des caillottes de ruminants : les caillottes gonflées, séchées et lavées sont découpées en lamelles et mises à macérer pendant 5 jours dans l'eau; le liquide sera filtré et prêt à l'emploi.

ANNEXE N° 3

VALORISATION DU BABEURRE ET DU LACTOSÉRUM

Les opérations laitières de base comportent des séparations entre composants du lait; en général on obtient un composant noble et un sous-produit : fromage frais et lactosérum, beurre et babeurre, etc.

Que faire des sous-produits ?

Les rejeter constitue à la fois un gaspillage et une source de pollution (ces sous-produits sont encore très riches en matières organiques et peuvent contaminer rivières, lacs...).

On doit donc s'efforcer de les valoriser :

- nous avons déjà évoqué la possibilité de les utiliser immédiatement comme aliment du bétail. Dans le cas le plus fréquent, on utilise le lactosérum pour l'alimentation des porcs, mais il peut également être incorporé dans l'alimentation des bovins; proposons le modèle suivant : les producteurs apportent leur lait à la laiterie et ils remènent des bidons de lactosérum; ce " système court " élimine bon nombre de problèmes de stockage, transport, etc. mais deux risques subsistent :
 - . risques de contamination dus au circuit " lactosérum " : il faut absolument veiller à ce que le circuit lactosérum soit séparé des ateliers de fabrication (les bidons pourront éventuellement sortir de l'unité par une porte spécifique et être stockés dehors),
 - . risque d'adultération du lait : il faut éviter à tout prix que les producteurs ne réincorporent le lactosérum ainsi obtenu.. dans le lait qu'ils livrent à la laiterie. Ce type de fraude, difficile à déceler, est très dangereux sur le plan des caractéristiques bactériologiques de lait. Il faut donc compter sur la discipline des producteurs.
- on peut écrémer le lactosérum et récupérer un peu de crème (mais attention aux problèmes d'acidité);
- autre possibilité : la fabrication de boissons à base de lactosérum; ce type de produit d'apparition récente (il s'agit généralement de boissons aromatisées) permet sans doute la meilleure valorisation du lactosérum;
- on peut enfin en chauffant le lactosérum provoquer une floculation des protéines et récupérer ainsi un fromage de deuxième génération.

Donnons quelques exemples de tels fromages :

- Fromage de babeurre

Ex : Aoulès (voir fromages de nomades).

- Fromages de lactosérum

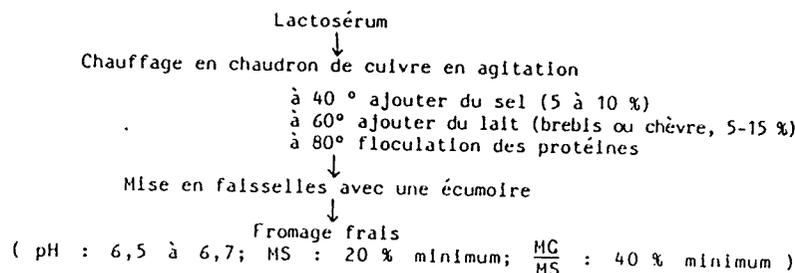
En Grèce, on fabrique des fromages de lactosérum à partir de lait de brebis. Ils peuvent être distingués en deux catégories :

- . Les fromages faits par chauffage du lactosérum avec addition d'une petite

quantité de lait de brebis ou de chèvre qui portent le nom de Mizithra. Après égouttage et un fort salage, ils sont séchés à l'ombre, en plein air, dans un filet qui les protège des insectes et des oiseaux.

Les fromages faits par chauffage du lactosérum avec addition d'une quantité variable de lait de chèvre et qui seront consommés dès le premier jour d'égouttage, comme fromage frais, sous le nom de Manouri. Ce produit se vend à un prix assez élevé et garde la préférence des consommateurs. Voyons quelques détails sur sa préparation : Le lactosérum recueilli d'une coagulation incomplète du lait de brebis est filtré pour enlever les petits morceaux de caillé et ensuite chauffé à 70° C. A cette température, on ajoute le lait et on continue le chauffage brutalement et en diminuant la vitesse d'agitation. L'art du fromager consiste à pouvoir, avec une légère agitation, faire monter à la surface la plus grande partie des protéines coagulées par le chauffage. Le facteur le plus important pour la réussite est l'acidité du lactosérum. On recueille le caillé avec une passoire et on le transporte sur des toiles, qui sont accrochées pour l'égoutter. Le lendemain soit on en fait le salage, soit on le consomme comme fromage frais.

Le Brocciu (Corse)



Lactosérum des fromages de chèvre (en France)

Le petit lait doit être utilisé très frais (parce que fermentant) donc, dans les 2 à 3 heures qui suivent l'égouttage; vous obtiendrez un fromage très maigre que l'on appelle Brousse ou Serré.

- Mettez le récipient de récupération du petit-lait sur le feu, laissez monter à ébullition et faites bouillir quelques minutes.
- Prenez un vieux carré de drap, de préférence, et l'étendre sur une ou plusieurs passoires.
- Versez le contenu du petit-lait bouilli dans les passoires, par petites quantités à la fois.
- Attendez 1 heure environ et mettez la pâte, à l'aide d'une cuillère à soupe, dans les moules ou faisselles en tassant bien. Salez. Pour cette fabrication, vous pouvez directement saler et remuer votre pâte avant de la mettre dans les faisselles. Attendre 1 heure.
- Ensuite, retournez directement vos fromages des faisselles sur les joncs ou claies. Salez, sauf si vous avez déjà salé en remuant la pâte comme indiqué ci-dessus.
- Vous pouvez agrémenter cette pâte soit : de sarlette, de romarin, d'ail, de poivre, etc.
- Le résidu ou liquide de cette brousse vous servira de décapant pour votre vaisselle.

ANNEXE N° 4

UTILISATION DU LAIT EN POUDRE

La laiterie peut se trouver devant trois cas de figure :

- Absence d'utilisation de lait en poudre (on traite uniquement le lait collecté).
- Utilisation de lait en poudre en complément de l'approvisionnement en lait frais soit pour augmenter le volume traité à court terme en vue d'une augmentation future à plus long terme de la quantité collectée en lait frais, soit pour réguler l'approvisionnement selon les saisons, soit en l'intégrant à du lait frais pour le standardiser, augmenter sa teneur en matière sèche.
- Approvisionnement exclusivement en lait en poudre (importé). L'usine intervient alors pour dissoudre ce lait dans de l'eau potable (ce qui n'est pas le cas souvent si le lait en poudre est distribué directement à la population) et le commercialiser en nature, ou après des transformations.

Le lait en poudre importé est le plus souvent écrémé (provenant de la fabrication du beurre).

A partir du lait en poudre, on peut pratiquement fabriquer l'ensemble des produits laitiers :

- Lait reconstitué : mélange de la poudre et d'eau pour retrouver le rapport Eau/Matière sèche.
- Lait recombinaison : mélange de poudre, d'eau et de matière grasse. On peut réincorporer de la matière grasse de lait (MGLA, importée sous forme de poudre) mais aussi utiliser n'importe quelle source de matière grasse locale animale ou végétale.

Le lait recombinaison cherche à rétablir les rapports Eau/Matière sèche et Matière grasse/Matières non grasses de façon à approcher la composition initiale du lait.

Ainsi, en Inde, le " filled milk " est un lait fabriqué à partir de lait écrémé reconstitué et de MG locale (huile de coco ou d'arachide, de coton, d'olive, de sésame); le " toned-milk " est constitué de lait de bufflesse, d'eau, de poudre de lait écrémé.

Ce lait reconstitué ou recombinaison peut être utilisé comme matière première pour la fabrication de l'ensemble des produits laitiers.

On a également mis au point des fromages fabriqués directement avec du lait sec sans combinaison préalable (voir pour cela les travaux de l'Ecole Nationale d'Industrie Laitière de Mamirolles en France).

Rendements : Il faut environ 90 kg de lait écrémé en poudre et 30 kg de MGLA (matière grasse laitière anhydre en poudre) pour obtenir 1 000 kg de lait recombinaison à 3 % de MG.

Matériel : La recombinaison s'effectue en discontinu, en cuve à double enveloppe et circulation d'eau chaude, munie d'agitateurs. L'eau de dissolution doit être potable et préchauffée à 45-50°. Le lait est introduit avec une trémie et reste ainsi environ 15 mn au contact de l'eau afin de permettre l'hydratation de la poudre; on pourra alors éventuellement ajouter la MGLA ou l'huile de beurre (butter-oil). Pour obtenir un mélange stable, il sera alors souhaitable de procéder à une filtration et à une homogénéisation.

ANNEXE N° 5

UN EXEMPLE D'UTILISATION DE L'ENERGIE SOLAIRE

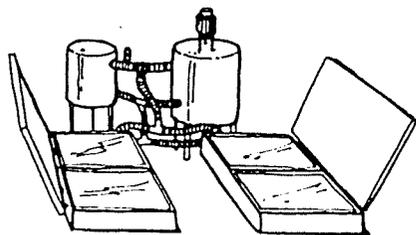
Comme nous l'avons vu, la laiterie utilise l'énergie surtout pour chauffer et pour refroidir.

Du fait du coût élevé de l'énergie et des disponibilités en énergie solaire, qui caractérisent la plupart des PVD, on devra s'efforcer de recourir le plus possible au chauffage solaire.

L'introduction du chauffage solaire est relativement facile en laiterie puisqu'il ne nécessite que des températures relativement basses : dans la plupart des cas on peut prévoir un préchauffage solaire de l'eau; l'eau froide passe dans un chauffe-eau solaire (dont il existe de multiples modèles) et on procédera avant l'admission dans la cuve ou le pasteurisateur à une régulation par chauffage électrique ou à gaz.

Il existe de multiples systèmes utilisables, nous en décrivons un, Implanté avec succès chez les nomades d'Afghanistan.

Il s'agit de l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau alimentant des cuves de traitement pour la fabrication de Ghee et de fromage (le modèle décrit est prévu pour traiter 300 kg de lait par jour).



Par le système de chauffage solaire, on peut réaliser une montée en température jusqu'à 80° C.

L'équipement prévu pour un traitement quotidien de 300 kg de lait est le suivant :

- cuve à double enveloppe de capacité 100 kg de lait avec les capteurs solaires
- une écrémeuse manuelle
- une baratte manuelle (pour une capacité de 45 kg)
- containers à saumure, à lait, à ghee et accessoires (moules, brassoirs, tranche caillé, linges, contrôles).

(1) Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à Mr. Bachmann ou à Mr. Leuenberger. Institut Fédéral de Technologie Département de Sciences Alimentaires. Laboratoire de Laiterie. Zurich.

ANNEXE N° 6

PETITS ATELIERS DE FROMAGERIE TRAITANT MOINS DE 2000 L. PAR JOUR

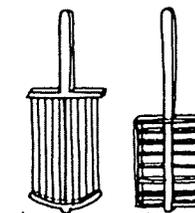
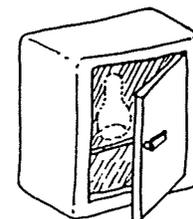
Les informations présentées ici sont extraites d'un document péruvien, " Quesos para regiones tropicales "; les équipements sont spécifiquement adaptés aux fromages péruviens à pâte pressée cuite (Queso Ucayalino et Provolone Amazonico notamment), mais peuvent être considérés comme les matériels de base nécessaires pour des petites fromageries.

Capacité de 400 l/jour

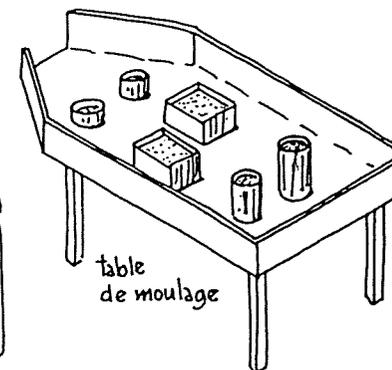
- Marmite 400 l. en acier inoxydable, chauffée par brûleurs à gaz ou à fuel, ou par du bois. Couvercle de bois. Tranche caillé et brassoir manuels.
- Cuvettes en plastique pour la saumure, armoire isolée pour les ferments.
- Moules avec couvercles et toiles, étagères pour le séchage des fromages, tables de travail et d'égouttage. Le pressage se fait par pierres ou poids apposés sur les couvercles.
- Thermomètres, balance.



balance

armoire
à ferments

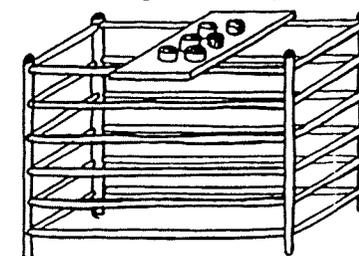
tranche-caillé



cuvée

table
de moulage

étagère d'affinage



Capacité de 1200 l/jour avec pasteurisation

- Marmite de 400 l. du même type que précédemment + couvercle de bois
- Marmite de 800 l. à bain-marie + couvercle de bois
- Brûleur à pétrole
- Tranche caillé et brasseur
- Balance, thermomètres (0-110° C), hygromètres
- Armoire à ferments
- Etagère de séchage.

Il faut prévoir un petit équipement de laboratoire :

- Petite centrifugeuse pour isoler la MG et butyromètres
- Burette pour mesurer l'acidité
- Tube pour la preuve de réduction du bleu de méthylène
- Lactodensimètres.

On peut faire du beurre dans cette installation avec :

- Une écrémeuse 450 l/heure, manuelle ou à moteur
- Baratte électrique pour 50 l. de crème.
- Table de moulage.

En plus de cela, on prévoit :

- 1 groupe électrogène de 2,5 kW
- 1 chaudière
- 1 machine à emballer les fromages en sacs thermosoudables.

ANNEXE N° 7

MINI-CATALOGUE DES CONSTRUCTEURS D'EQUIPEMENTS POUR L'INDUSTRIE LAITIERE

CONSTRUCTEURS

DOMAINE D'ACTIVITE

ACTIMONDE
10, av. de Secheron
1202 Genève - Suisse
(022) 32 29 57 Telex 28 98 98

- Laiteries modulaires et traditionnelles pour toutes tailles et tout produit

ACTINI France
24, av. de Denevullaz - BP 80
74202 Thonon Cédex
(50) 71 18 60

- Matériel de pasteurisation électrique de toute capacité

ADS
BP619
95004 Cergy Pontoise Cédex
34 64 93 80

- Machines de fabrication de bouteilles en matière plastique

ALFA LAVAL
BP 57
78340 Les Clayes sous Bois
30 55 82 22

- Tout matériel laiterie
- Propose des minilaiteries

APV
ZI N° 2
6, rue Jacquard - BP 92
27006 Evreux Cédex
32 39 16 12

- Matériel I.A.A. (pompes, laiteries, etc.)
- Spécialiste des échangeurs thermiques

BARRIQUAND
9 à 13, rue Saint Charles
42300 Roanne
77 72 44 44

- Plaques d'échangeurs de chaleur pour tout débit

- Autoclaves

BERNHARD
38, rue Haignère - BP 69
62201 Boulogne sur Mer
21 31 50 91

- Conditionnement toute taille

BIAUGEAUD
45, av. Aristide Briand - BP 17
94114 Arcueil Cédex
42 53 77 40

- Matériel, surtout de petite taille pour les industries alimentaires

BROUILLON
67, rue des Joxets - BP 121
47200 Marmande Cédex
53 20 98 00

- Chaudronnerie Industrielle, fabricant de petit matériel

- BURTON CORBLIN
78-80, Bd Saint Marcel
75005 Paris
(1) 47 07 35 19
Représente PASILAC
- CARNAUD
65, av. Edouard Vaillant - BP 405
92103 Boulogne sur Seine
(1) 46 09 91 11
- CHALON MECARD
ZI
01460 La Cluse
74 76 11 55
- CONSTRUPACK
Modolell, 29-B
08021 Barcelona - Espagne
32 09 55 88
- ELECREM
49, Bd de la République
92100 Boulogne Billancourt
(1) 46 09 05 41
- ETA
Aix d'Angillon
18220 Rians
48 64 42 79
- EX-CELL-O Corporation
Packaging Systems Division
PO Box 700
850 Ladd Road
Walled Lake
Michigan 48088 - USA
(313) 624 78 00
Représentée en France par
ELOPAK (Pure Pak)
3-5, rue de Metz
75010 Paris
(1) 48 24 82 60
- GEERE SA
51, route d'Orléans
45140 Artenay
38 54 35 16
- GOAVEC
13, rue Eiffel
ZI Nord - BP 205
61006 Alençon Cédex
33 29 02 88
- Matériel de fromagerie (spécialiste pâtes molles)
- Matériel d'emballages (boîtes métalliques principalement)
- Cuverie et matériel de fromagerie (spécialiste pâtes cuites)
- Ligne d'embouteillage de bouteilles en verre
- Matériel de laiterie, fromagerie de petite capacité
- Matériel de transport, de stockage, de Les comptage de lavage du lait et du vin : propose petit matériel
- Matériel de conditionnement, notamment de lait pasteurisé
- Extrudeuse de matières plastiques.
- Minilaiterie
- Fermenteurs et cuves toutes tailles

- HOLSTEIN UND KAPPERT
20, Juchostrasse
4600 Dortmund - Allemagne
231 5185 1
- JAPY
Route de Cray St Apollinaire - BP 656
21017 Dijon
80 71 81 15
- LACARDE
BP 35
26201 Montélimar Cédex
75 01 78 33
- LACUILHARRE
2, avenue du 18 juin 1940 - BP 154
92504 Rueil Malmaison Cédex
(1) 47 08 92 92
- MACYAR
Département laitier et alimentaire
BP 129
39101 Dole Cédex
84 82 15 89
- MASSILLY
BP N° 1
71250 Cluny
85 59 01 45
- MATEQUIP
5, av. de l'Observatoire
75006 Paris
(1) 43 29 64 70
- MECANIQUE DE SURESNES
58, rue Pasteur
92150 Suresnes
(1) 45 06 18 24
- MOM
28, rue Codefroy Cavaignac
75011 Paris
(1) 43 79 16 41
- MUZZARELLI-MOBERNA
Via Galileo Galilei, 162
41100 Moderna - Italie
(059) 35 22 23
- NOVA SOCIMEC
4, rue Jules Ferry - BP 45
28190 Courville sur Eure
37 23 21 15
- Construction d'installations I.A.A., industries chimiques et pharmaceutiques, propose des petits échangeurs
- Tanks à lait réfrigérés
- Autoclaves et chaudières
- Techniques d'évaporation et de séparation par membranes
- Matériel I.A.A., et plus particulièrement cuves de stockage et de transport du lait, pompes, centrales de lavage, etc.
- Emballages et machines à conditionner verre métal
- Représente de nombreux constructeurs d'appareils destinés aux I.A.A., dont SCHMIDT, fabricant d'échangeurs de chaleur à plaques toute capacité d'évaporateur, de matériel thermique, etc.
- Sertisseuses, autoclaves de petit taille
- Matériel de conditionnement, surtout de petite taille
- Mécanisation des fabrications fromagères (pâtes filées)
- Machines de conditionnement, propose petit matériel

- PACKO
76440 Forges les Eaux
35 90 42 42
- PASILAC
BP 32
88101 Epinal Cédex
29 35 43 50
- PIERRE GUERIN SA
BP 12
79210 Mauze sur le Mignon
49 26 30 58
- POURPRIX
15, rue de Gerland
69007 Lyon
78 72 85 19
- PREPAC
62, rue Pasteur
94807 Villejuif
(1) 46 78 91 11
- SASSARO S.A.
BP 2
17700 Surgères
46 07 21 44
- SILOM
(Société d'Investissements Laitiers
Outre-Mer)
12, rue du Faubourg Saint Honoré
75008 Paris
(1) 47 42 34 46
- SIMON
Rue L. Simon - BF 171
50104 Cherbourg Cédex
33 43 09 18
- SORDI
représenté par GENDRON INDUSTRIES
19, rue Maurice Daniel
44200 Nantes
40 47 81 68
- STORK
2, Passage de la Gare
92420 Vaucresson
(1) 47 01 05 90
- TECLIFRANCE
19, rue des Petits Carreaux
75002 Paris
(1) 45 08 45 46
- Chaudronnerie pour industries alimentaires
 - Propose minilaiterie
 - Matériel laiterie
 - Tout matériel laiteries, notamment de petite capacité
 - Ustensiles pour les I.A.A., notamment petites laiteries
 - Conditionnement film plastique
 - Chaudronnerie générale en acier inoxydable
 - Petites cuves à brassoirs, laveuses à bidons
 - Ingénierie
 - Spécialiste du matériel de fabrication du beurre (toutes capacités)
 - Matériel pour laiteries et fromageries, simulation à petite échelle de la grande Industrie laitière moderne
 - Matériel I.A.A.
 - Matériel de traitement des liquides
 - Propose des minilaiteries

- THIEBAULT
Rue de Coumois
25470 Trévillers
81 44 40 14
- THIMONNIER
79, rue de Bourgogne
69338 Lyon
78 83 55 55
- 3 C
BP 9
18380 La Chapelle d'Angillon
48 73 91 00
- VICAR
24, av. Marcel Corblin
38400 St Martin d'Hères
76 25 20 45
- WESTFALIA
BP 120
02400 Château Thierry
23 83 05 44
- Equipement annexe
- LARDET BABCOK
14, rue Aristide Briand
92300 Levallois Perret
(1) 47 57 31 30
- SDMO
12 bis, rue de la Villeneuve - BP 241
29 272 Brest Cédex
98 02 08 90
- SODIET ABC
124, rue de Rosny
93100 Montreuil
42 87 12 27
- VULCANIC
48, rue Louis Ampère
Z.I. des Chanoux
93330 Neuilly sur Marne
- WANSON
59, av. Jean Jaurès
94110 Arcueil
46 57 14 14
- Petit matériel de fromagerie, petites chaudières
 - Conditionnement, propose petit matériel
 - Petits containers métalliques
 - Echangeurs de chaleur, toute capacité
 - Spécialiste de la centrifugation, toutes tailles
 - Chaudières
 - Groupes électrogènes toutes tailles
 - Chaudières
 - Chaudières et tous systèmes de chauffage électrique industriel (liquides, solides, locaux, etc.)
 - Chaudières, traitement d'eau

ANNEXE N° 8

LEXIQUE

Aérobic/Anaérobic : **Aérobic** : se dit d'un micro-organisme se développant seulement ou même en présence d'oxygène; **Anaérobic** : se dit d'un micro-organisme se développant mieux en l'absence d'oxygène (sens large) ou ne se développant qu'en l'absence d'oxygène (anaérobic strict).

Babeurre : Liquide résultant du barattage de la crème. Lors du barattage, on obtient deux phases : le babeurre (liquide) et le beurre.

Bactérie : Micro-organisme unicellulaire, sans noyau, classé parmi les végétaux. Les bactéries sont aérobies ou anaérobies. La plupart sont parasites ou saprophytes. Elles se développent souvent mieux à 35-40° et sont détruites à plus de 100° (sauf leurs formes résistantes, les spores, qui ne succombent qu'à plus haute température).

Biologique (méthode) : Ce sont les méthodes où l'on favorise le développement de certains germes. Ces méthodes rejoignent les méthodes chimiques à la différence près que la substance active est élaborée à partir de certains constituants du milieu par des organismes vivants au lieu d'y être ajoutée.

Cellule : C'est l'unité constitutive du monde vivant (végétal ou animal). Les organismes les plus élémentaires ne contiennent qu'une cellule.

Champignon : Végétal dépourvu de feuilles, de tiges, de racines et de chlorophylle et dont les cellules ont un noyau. Ceux qui interviennent dans les produits laitiers sont les moisissures et les levures.

Chimique (méthode) : Elles procèdent de l'introduction de certaines substances dans le milieu. Ex. : salage, sucrage, introduction d'antiseptique (eau oxygénée...).

Densité (d'un liquide) : Rapport de la masse d'un volume de produit liquide sur la masse du même volume d'eau. Ex. : le lait de vache en France a en moyenne une densité de 1,030 à 1,034. 1 l. de lait pèse donc 1,030 à 1,034 kg. Ceci permet d'évaluer la concentration du lait.

Emulsion : Préparation obtenue par une division d'un liquide en globules microscopiques au sein d'un autre liquide avec lequel il n'est pas miscible.

Enzyme : Catalyseur biologique qui accélère ou provoque une réaction biochimique; c'est la présence de l'enzyme qui conduit la réaction; ainsi en présence de lactase, le lactose s'hydrolyse en glucose et galactose alors que sans lui la réaction n'aurait pratiquement pas lieu. Les enzymes interviennent beaucoup en industrie fromagère : ils sont sécrétés par les micro-organismes (action des ferments) ou apportés (cas de la présure).

Faiselle : Petit récipient percé de trous pour faire égoutter le fromage.

Fermentation : Dégradation de certaines substances organiques souvent accompagnée de dégagements gazeux par l'action d'enzymes sécrétées par des micro-organismes (levures, bactéries). Les fermentations sont anaérobies (fermentation lactique, alcoolique), ou aérobies (fermentation acétique). Un ferment est un agent produisant la fermentation.

Fluide (et fluide frigorigène) : Se dit des corps n'ayant pas de forme propre donc déformables sans effort. C'est un terme regroupant les liquides et les gaz. Désigne aussi les liquides qui s'écoulent facilement. Ex. : le lait est très fluide, la crème l'est moins. **Fluide frigorigène** : c'est un liquide ou un gaz susceptible de capter les calories et donc utilisé pour le refroidissement dans les appareils de compression frigorifique. **Fluide thermique** : de même, c'est un intermédiaire susceptible de restituer ces calories (eau chaude, vapeur...).

Foisonner : augmenter de volume par incorporation d'air sous l'effet d'une agitation. Ex. : foisonnement des crèmes.

Glucides : Composants de la matière vivante formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Outre leur rôle d'élément plastique constitutif de l'organisme, ils sont la source d'énergie essentielle de l'organisme humain. On les appelle communément les sucres.

Incubation : Phase de multiplication des micro-organismes. On favorise cette phase en maintenant une température donnée et une oxydation éventuellement pour créer les conditions de la multiplication.

Lactose : Substance glucidique qui se transforme, sous l'action de l'enzyme lactase, en glucose et en galactose. Après une absence prolongée de consommation de lait, l'aptitude à la fabrication de l'enzyme chez l'homme est altérée. Il ne peut donc plus transformer le lactose et il en résulte des troubles de l'organisme. On a rencontré ce problème dans les populations qui ne consommaient pas de lait et vers qui on en a exporté.

Lactosérum : Liquide résiduel résultant de la coagulation du lait : le caillage provoque la séparation de deux phases, le caillé (solide) et le lactosérum (liquide). Le lactosérum se prête à divers types de valorisation.

Lait cru : Lait n'ayant pas subi de traitement chimique.

Lait entier : Lait n'ayant pas subi d'écémage.

Levain : Substance propre à provoquer la fermentation dans un corps.

Levure : Champignon unicellulaire, la plupart transformant les sucres en alcools (à l'origine des fermentations alcooliques).

Lipides : Substances organiques usuellement appelées graisses, insolubles dans l'eau (où ils forment des globules gras). Ils sont d'importants éléments pour la construction de l'organisme et sont également fournisseurs d'énergie.

Matière sèche : Dans un produit, le pourcentage de matière sèche représente la proportion en poids de matière présente que l'on obtiendrait par dessiccation du produit, c'est-à-dire la proportion en poids de matière qui ne soit pas de l'eau. On parle aussi d'extrait sec. On différencie la matière sèche et la matière sèche non grasse = matière sèche - matières grasses.

Mésophile : Se dit d'un micro-organisme dont la température optimale de croissance se situe à 30° environ (entre 25° et 36°). Il existe également des micro-organismes thermophiles (cf. plus loin) et psychrotropes. Ces derniers n'ont pas nécessairement de croissance optimale à moins de 20° (psychrophiles) mais peuvent se multiplier à basse température donc par exemple dans un lait réfrigéré (par exemple : Penicillium - moisissure, Candida - levure, Streptococcus lactis - bactérie).

Micro-organismes : Ce sont les organismes microscopiques végétaux ou animaux, à savoir les moisissures, levures, bactéries, virus.

Protéines ou protides : Composants azotés de la matière vivante : ils interviennent dans la structure des êtres vivants (constituant principal des muscles et de la plupart des organes) et leur présence dans l'alimentation est indispensable. Composant principal de la matière. Composition : chaîne d'acides aminés.

Thermophile : Se dit d'un germe dont la température optimale de croissance se situe à 45° environ (45° à 65°).

Unités de mesure : Température : ° Celsius (dont le 0 est au point de congélation de l'eau à pression atmosphérique). Acide lactique : ° Dornic = décigrammes d'acide lactique par litre (dans le lait de vache cru en France : 16 à 18), permet de mesurer le niveau de fermentation. Acidité : pH, échelle de mesure de 1 à 14 fondée sur la concentration de certaines particules dans la solution. Le pH de 1 à 7 indique un milieu acide, le pH de 7 à 14 indique un milieu basique.

Virus : Micro-organisme unicellulaire parasite à l'origine de nombreuses maladies graves.

Vitamines : Substances nécessaires à la vie, agissant à faible dose et qui doivent être apportées régulièrement à l'organisme. Ce sont des composés organiques très divers, dont le caractère commun est de jouer le rôle de catalyseur (déclencheurs de réactions) dans l'organisme. Elles recourent souvent le terme d'enzyme lorsqu'elles s'allient à des protéines. Les carences en vitamines sont à l'origine de troubles divers, par exemple la Vitamine D est antirachitique. Le lait contient essentiellement les vitamines A, B et les acides pantothéniques en bonne quantité, de la vitamine C en quantité moindre et de la vitamine D en faible quantité.

ANNEXE N° 9

POUR EN SAVOIR PLUS...

Ouvrages de base (les " bibles " de la technologie laitière)

ALAIS (C.). - Sciences du Lait, Editions SEPAIC, Avril 1984. - 4ème édition.

ECK (A.). - Le fromage, Paris, Lavoisier Editions, 1984.

EVETTE (J.-L.). - La fromagerie, Paris, Collection Techniques Vivantes, PUF, 1975.

LUQUET (F.-M.). - Laits et Produits Laitiers, Paris, Lavoisier Editions, 1985.

VEISSEYRE (R.). - Technologie du lait, Paris, La Maison Rustique, 1979. - Dont sont tirés nombre d'illustrations et de procédés de fabrication de ce dossier.

Autres ouvrages que l'on peut consulter

BAILEY (H.). - The world atlas of cheese, New York, USA, Eeklof Stork, Paddington Presse. - A été traduit.

DUBACH (J.). - El ABC para la quesería rural del Ecuador, Quito, Equateur, Cooperacion Tec del Gobierno Suizo, 1980.

DUBACH (J.). - Quesos Andinos del Peru, Lima, Pérou, Proyecto queserías nacionales, 1973.

CAST (M.), MAUBOIS (J.-L.), ADDA (J.). - Le lait et les produits laitiers en Ahaggar, Centre de Recherches Anthropologiques, Préhistoriques et Ethnologiques d'Alger, édité par les Arts et Métiers graphiques, 1969.

GUEREAULT (A.-M.). - Practice of milk Industry in warm countries, Paris, SIEL, édité par la SEPAIC, 1981.

HALL (H.-S.). - Laiteries pilotes normalisées, Rome, FAO, 1977.

KOSIKOWSKI (F.-V.). - Cheese and Fermented Milk, Edward Brothers Michigan USA, 1977. A été traduit.

PAH-FAO. - Rapport de mission " Développement de l'industrie laitière à Bamako ", Rome, FAO, 1975. - WFP/ICC, 28/11 add C5. (1).

PULGARE VIDAL BIBER (J.). - Quesos para regiones tropicales, Lima, Pérou, Proyecto queserías nacionales.

SERRES (H.). - Production, transformation et hygiène du lait en milieu traditionnel des régions tropicales, Maisons-Alfort, IEMVT.

SILOM. - Rapport de mission " Etude d'implantation d'une centrale laitière à Kinshasa, 1969. - Disponible à la SILOM Paris (2).

MAIR WALDBURG. - Handbuch der Käse, Kempten, (Allgäu), Allemagne, Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH.

(1) Capacité 5 000 l/jour. Approvisionnement 50 % lait écrémé en poudre, transformation lait pasteurisé, lait fermenté.

(2) Projet 25 000 à 30 000 l/jour. Approvisionnement lait en poudre, lait UHT, laits aromatisés, laits fermentés.

REVUES

Revue Laitière Française	15, rue Danielle Casanova 75001 PARIS
Le Technicien du Lait	SEPAIC
Le lait (Recherche)	Editions Philippe de Boisbaudry 35, rue de Carnot - BP 115 35014 RENNES Cédex
La Technique laitière	Idem
Annuaire National du Lait 84/85.	Editions COMINDUS PARIS 1, rue Descombes 75017 PARIS Tél. (1) 43 80 79 16

(Toutes les adresses en France pour la documentation, la formation, les producteurs transformateurs, les fournisseurs de matériel, les distributeurs négociants).

CENTRES DE DOCUMENTATION EN FRANCE

SEPAIC (Société d'Édition et de Promotion Agroalimentaires, Industrielles et Commerciales)	42, rue du Louvre 75002 PARIS
CIDIL (Centre Interprofessionnel de Docu- mentation et d'Information Laitières)	27, rue de la Procession 75015 PARIS Tél. (1) 47 34 47 19
CNIEL (Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière)	27, rue de la Procession 75015 PARIS Tél. (1) 47 34 45 45

ENSEIGNEMENT - RECHERCHE

En France

INA PG - ISIEL (Institut National Agronomique Paris- Grignon - Institut Supérieur d'Indus- trie et d'Économie Laitière)	16, rue Claude Bernard 75005 PARIS
ENIL (Ecole Nationale d'Industrie Laitière)	Aurillac (15) Pouilly (39) La Roche sur Foron (74) Mamrolles (25) Surgères (17)

Centre de 3ème Cycle de l'Université de Caen - INA PG (orienté vers le lait et les produits laitiers)

Centre Laiterie de L'ENSAIA de Nancy (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et d'Industrie Alimentaire)

Laboratoire de Recherche Technologique Laitière. Centre de Recherche Agronomique ENSAM. RENNES.

Laboratoire de Microbiologie Laitière CNRZ 78350 JOUY EN JOSAS
et de Génie Alimentaire

A l'étranger

Centro de la Industria Lechera	Mediano 281 Buenos Aires - Argentine
Asociacion National de Productores y Industriales Lacteos	Ada Jimenez 11-20 - Oficina 803 Bogota - Colombie
NIRD	Reading GRANDE BRETAGNE
NISO	Wageningen HOLLANDE
National dairy research Institute	Karnal Hariana - Inde
Asociacion de productores de leche	20 de Julio Asuncion - Paraguay
Asociacion regional de ganaderos y productores de leche	Edificio Carabobo Guacara - Valencia - Venezuela
Dairy Produce Board	PO Box 14 Lusaka - Zambie
Ecole Polytechnique Fédérale Zurich Mr. Bachmann.	Suisse
Institute of nutrition of Central America and Panama	Carretera Roosevelt Zona II Guatemala City - Guatemala
Direction de Coopération du Développement (DCA) M. Marco Ferroni, responsable des projets Pérou, Equateur.	Département Fédéral des Affaires Etrangères 3003 Berne - Suisse
En liaison avec M. José Dubach (cité plus haut, responsable de projets à l'échelle villageoise - 100 l à 1 000 l/jour - de fromageries) :	Ambassade de Suisse en Equateur Apto 4815 CCI Quito - Equateur
CITA (Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos)	Universidad de Costa Rica San José COSTA RICA

Imprimerie TARDY QUERCY (S.A.) Cahors
N° 6719 — Dépôt légal : janvier 1987
Printed in France