



## La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen

[TABLE DES MATIERES](#)

**Dr J.P. Ramet**

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

**M-26  
ISBN 92-5-202169-8**

Tous droits réservés Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome (Italie), en indiquant les passages ou illustrations en cause.



**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE  
Rome, FAO 1985**

---

Les liens hypertextes vers d'autres sites de l'Internet ne signifient nullement que l'Organisation approuve officiellement les opinions, idées, données ou produits qui y sont présentés, qu'elle en assume la responsabilité ou qu'elle garantit la validité des informations qui s'y trouvent. Leur seul objectif est d'indiquer où trouver un complément d'informations sur des thèmes apparentés.

**TABLE DES MATIERES**

**CHAPITRE I - INTRODUCTION**

**CHAPITRE II - LA MATIERE PREMIERE-LAIT**

**CHAPITRE III - PRINCIPES GENERAUX DE FROMAGERIE**

**CHAPITRE IV - MONOGRAPHIES DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE FROMAGES DU BASSIN MÉDiterranéen****CHAPITRE V - BIBLIOGRAPHIE****ABREVIATIONS**

c	:	côté
C	:	concentration
°C	:	degré centigrade
°D	:	degré Dornic
ES	:	extrait sec
f	:	force
FI	:	fabrication industrielle
FT	:	fabrication traditionnelle
g	:	gramme
h	:	heure
H	:	hauteur
kg	:	kilogramme
l	:	largeur
L	:	longueur
ml	:	millilitre
mn	:	minutes
N	:	Newton
P	:	poids
s	:	seconde
t	:	temps

- T : température  
v : vitesse  
V : volume  
 $\emptyset$  : diamètre



---

## CHAPITRE I INTRODUCTION

Beaucoup de matières d'origine agricole sont périssables, les altérations se développant par voie microbienne, chimique et/ou enzymatique. De ce fait une des préoccupations constantes de l'homme a, de tout temps, été de chercher à prolonger la durée de vie de ses aliments de manière à en différer dans le temps la consommation.

Traditionnellement les méthodes utilisées à cette fin ont consisté à placer l'aliment dans des conditions d'environnement propices au développement de processus de protection par voies naturelles : déshydratation par exposition au vent, au soleil ou au feu, acidification par fermentation naturelle ou par apport d'acide, abaissement de l'activité de l'eau par salage ou par sucrage, traitement thermique par cuisson et/ou par ébouillantage, refroidissement par maintien dans une ambiance fraîche ou froide (air - eau - glace).

De nos jours, la plupart de ces procédés ancestraux de conservation sont toujours exploités, en particulier au plan de la préparation familiale ou artisanale des aliments en raison de leur facilité de mise en oeuvre et de leur coût réduit. Au plan industriel l'application des mêmes principes a conduit au développement d'appareillages et d'industries spécifiques permettant à l'homme de se libérer au mieux des contraintes naturelles et de traiter des masses plus importantes de produits. Plus récemment des procédés mixtes de conservation combinant des principes différents ont été proposés. Ceux-ci sont destinés à répondre aux besoins de diversification des produits impliqués par une concurrence sévère au niveau des produits traditionnels. D'autre part, le choix est orienté vers des technologies dites douces, peu coûteuses en énergie et répondant à la fois aux exigences de

qualité nutritionnelle, organoleptique et hygiénique demandée par le consommateur. Le tableau 1 résume les différentes combinaisons de paramètres permettant d'aboutir à plusieurs procédés de conservation applicables aux aliments.

**Tableau 1 PARAMETRES INTERVENANT DANS LES PROCEDES UTILISES POUR LA PRESERVATION DES ALIMENTS** (d'après LEISTNER et al., 1981)

Procédés	Chauffage	Réfrigération	Congélation	Lyophilisation	Séchage	Marinage	Salage	Sucrage	Acidification	Fe
Paramètres										
Haute température	X(c)	*	*	*	*	*	o	*	o	*
Basse température	*(d)	X	X	o	o	*	*	o	*	*
$a_w$	*	*	X	X	X	X	X	X	o	X
pH	*	*	o	o	*	*	*	X	X	X
Eh	*	*	*	*	o	*	*	*	*	*
Conservateurs	*	*	o	o	*	X	*	*	*	X
Flore compétitive	o(e)	o	o	o	o	*	o	o	*	X
Irradiation	*	o	o	o	o	o	o	o	o	o

X rôle essentiel

\* rôle important

o rôle secondaire

En résistant la fabrication fromagère dans ce contexte général de la préservation des aliments, il apparaît que le

lait est un produit naturel, très périssable. Cette particularité résulte de ses caractéristiques physiques et chimiques (teneur élevée en eau - pH voisin de la neutralité - richesse en éléments nutritifs variés : lactose - protéines - matière grasse) qui le rendent notamment très propice aux altérations par les microorganismes et les enzymes.

Pour éviter ces évolutions indésirables, plusieurs traitements peuvent être appliqués ; ils conduisent à divers types de produits laitiers dont les voies de transformation et les appellations sont précisées au tableau 2.

En ce qui concerne la transformation du lait en fromages qui fait l'objet du présent article, il ressort du tableau 2 que ce mode de conservation fait intervenir deux paramètres principaux dont l'effet stabilisant est complémentaire : un abaissement de pH obtenu par acidification, un abaissement de l'activité de l'eau résultant principalement de la concentration de la matière sèche par égouttage et du salage.

L'évolution de ces paramètres est réalisée par une séquence d'opérations qui se situent pendant les deux premières phases de la fabrication fromagère : la coagulation et l'égouttage, mais la variation observée n'est pas la même pour tous les fromages et permet de caractériser quatre catégories principales de produits :

Tableau 2 VOIES PRINCIPALES UTILISEES POUR LA PRESERVATION DU LAIT

Traitements appliqués	Produit obtenu
Refroidissement T 0,55°C	Lait congelé
	Lait réfrigéré
Chauffage T 100°C	Lait pasteurisé
	Lait stérilisé
Chauffage + acidification lactique	Lait fermenté
Chauffage + gélification	Lait gélifié et lait emprésuré
Chauffage + abaissement de l'activité de l'eau par :	

concentration, puis stérilisation	Lait concentré non sucré
concentration, puis sucrage	Lait concentré sucré
séchage	Lait sec
Concentration sélective de la matière grasse par :	
centrifugation	Crème
barattage	Beurre
chauffage + centrifugation	Huile de beurre
Concentration sélective de matière sèche par :	
coagulation, puis égouttage	Fromage
ultrafiltration, puis coagulation	Fromage ultrafiltré

Tableau 3 CARACTERISATION DE DIFFERENTES CATEGORIES DE FROMAGES PAR EFFETS pH et  $a_w$ 

Catégories de fromages	pH	$a_w$
Pâtes fraîches	4,3 – 4,5	0,980 – 0,995
Pâtes molles	4,5 – 4,8	0,970 – 0,990
Pâtes pressées	4,8 – 5,2	0,940 – 0,970
Pâtes dures	5,0 – 5,2	0,885 – 0,905

Il convient de remarquer que les valeurs des paramètres indiqués au tableau ci-dessus sont celles observées à la fin de l'égouttage et qu'elles ne sont pas suffisamment basses pour assurer une stabilisation complète du substrat. De ce fait, des transformations dirigées du produit par voies enzymatique et microbienne peuvent intervenir, elles constituent la phase d'affinage qui est pratiquée pour la plupart des fromages en fin de

fabrication. Parmi les différents aliments, le fromage possède donc une place tout à fait originale qui le situe dans une classe de produits comprise entre les denrées entièrement stabilisées et celle des denrées très périssables.

Le présent document a pour but de préciser les caractéristiques technologiques des principaux fromages élaborés dans le bassin Méditerranéen, pour cela nous avons établi, selon un plan type, une fiche reflétant le profil individuel de chacun des quelque 80 fromages que nous avons recensés comme représentatifs.

Etant donné que cette région du monde est, d'une part, très morcelée dans sa géologie et sa bioclimatologie, que, d'autre part, elle a été historiquement à la fois soit le berceau, soit le carrefour de plusieurs civilisations, pastorale et marchande, de très nombreuses variétés locales de fromages se sont créées, elles s'élèvent actuellement à plusieurs centaines. Nous avons donc été amenés par souci de simplification à ne citer que le nom de certains fromages lorsque ceux-ci ne constituaient que des variants locaux d'un type principal déjà analysé et défini.

Par ailleurs, il a paru utile à la FAO et à l'auteur de restituer la fabrication de ces fromages méditerranéens dans un contexte plus général en rappelant dans un chapitre séparé les caractéristiques des différentes matières premières pouvant être utilisées ; le lait de vache n'est, en effet, pas le seul à être transformé, les laits de brebis, de chèvre, de bufflesse et de chameau constituent un apport essentiel dans les productions fromagères de pays à climat semi-aride. Par ailleurs, dans le même contexte, un autre chapitre est consacré aux principes généraux de fromagerie où sont présentés les fondements scientifiques, les finalités et les modalités de mise en œuvre de chacune des phases de la fabrication fromagère. L'acquisition de ces principes est essentielle pour comprendre et maîtriser l'élaboration des différents types de fromages décrits dans les monographies figurant au chapitre IV.

Enfin, un des objectifs de ce travail étant de promouvoir les fabrications familiales et artisanales de fromages, l'accent a été mis sur la production à petite échelle, les modalités de transformation à l'échelle industrielle ne sont donc mentionnées qu'exceptionnellement.



---

## CHAPITRE II LA MATIERE PREMIERE-LAIT

### II. 1. - GENERALITES

Le lait a été défini lors du premier Congrès international pour la répression des fraudes à Genève, en 1908, comme le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et être exempt de colostrum.

Le lait est synthétisé à partir des éléments puisés dans le sang au niveau de cellules particulières tapissant les acini constitutifs de la glande mammaire. Après avoir accumulé les matériaux précurseurs, les parois des cellules des acini, gonflées, subissent une lyse; leur contenu est alors évacué dans la cavité des acini pour former le lait qui est retenu dans la mamelle au cours de la période qui sépare deux traites. Lorsque, dans la glande, la pression du lait atteint un certain seuil, la sécrétion s'arrête et une résorption des éléments élaborés commence. En particulier le lactose, la caséine, la matière grasse diminuent au profit des chlorures conduisant au lait de rétention.

La sécrétion lactée dépend de mécanismes hormonaux complexes dont l'équilibre est subtil. Le déclenchement de la sécrétion est dû à la disparition de la folliculine qui inhibe la sécrétion par l'hypophyse de prolactine. Le maintien de la production est lié à l'élaboration continue de prolactine; l'évacuation du lait hors de la mamelle résulte d'un acte réflexe dû à une excitation nerveuse gagnant l'hypophyse qui sécrète alors l'ocytocine.

La production du lait n'est pas régulière; les principales causes de variations sont liées à la race et à l'espèce, mais elles dépendent également de facteurs individuels liés à l'état sanitaire, de l'alimentation, de l'âge de l'animal.

Quantitativement le lait de vache constitue la matière première la plus largement produite et transformée au plan mondial; toutefois, le lait d'autres mammifères - chèvre, brebis, bufflesse, chameau - revêt une importance non négligeable dans l'économie des contrées semi-arides et en particulier de celles du bassin Méditerranéen.

## II.2. - COMPOSITION DU LAIT

### II.2.1. Composition chimique

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance. Quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif: l'eau, les matières grasses, les protéines et le lactose; les composés mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes, les vitamines, les gaz dissous. Le tableau 4 résume la composition chimique moyenne et les propriétés physiques du lait de vache:

Tableau 4 COMPOSITION CHIMIQUE ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU LAIT DE VACHE

#### - Constituants

Eau \_\_\_\_\_ 900–910 g

Extrait sec total: 125–130 g	Extrait sec dégraissé 90–95 g	Matière grasse Lactose Matières azotées Matières minérales	35–45 g 47–52 g 33–36 g 9–9,5 g
------------------------------------	-------------------------------------	---	--

#### - Biocatalyseurs

Pigments - Enzymes - Vitamines \_\_\_\_\_

#### - Gaz dissous

Gaz carbonique - Oxygène - Azote (4 à 5 % du volume du lait à la sortie de la mamelle)

- Constantes physiques:

• Densité à 15° C	1,030 à 1,034
• Chaleur spécifique	0,93
• Point de congélation	- 0,55° C
• pH	6,5 à 6,6
• Indice de réfraction à 20° C	1,35
• Activité de l'eau à 20° C	0,99

#### II.2.1.1. Les composants du lait

##### II.2.1.1.1. L'eau

L'eau représente environ 81 à 87% du volume du lait, les autres éléments constituent la matière sèche totale ou extrait sec et représentent de 125 à 130 g litre de lait. L'extrait sec dégraissé correspond à l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses.

L'eau du lait se trouve sous deux formes: l'eau libre (96 % de la totalité) et l'eau liée (4 %) à la matière sèche.

L'eau libre par sa mobilité est très réactive, elle autorise l'état de solution du lactose et d'une partie des minéraux et rend le milieu très favorable au développement des microorganismes. L'eau liée est fortement associée aux protéines, à la membrane des globules gras et à certains sels minéraux; elle n'est pas affectée par les procédés classiques de transformation et n'intervient pas dans les réactions chimiques, physiques et enzymatiques.

##### II.2.1.1.2. Les lipides ou matières grasses

La matière grasse du lait est à l'état d'émulsion dans le lait sous forme de globules sphériques d'un diamètre variant entre 1,5 et 10 millièmes de millimètre. Sa composition et sa structure ne sont pas homogènes: une

fraction majeure localisée à l'intérieur du globule gras est constituée par les lipides simples représentés par les glycérides et les stérides; la fraction mineure correspond à des lipides complexes de type lécithines, elle est située à l'interface du globule avec la phase aqueuse et fait partie intégrante de la membrane globulaire, elle joue un rôle important dans la stabilité de la phase grasse en la maintenant à l'état d'émulsion.

La densité de la matière grasse étant inférieure à celle de la phase aqueuse, les globules gras peuvent se séparer spontanément dans le lait au repos pour former un surnageant: la crème; par centrifugation il est possible d'obtenir cette séparation quasi instantanément et en continu.

L'état globulaire est fragile; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables (rancidité - oxydation); lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation.

#### II.2.1.1.3. Les protéines

Les matières protéiques du lait sont représentées principalement par la caséine qui est la protéine caractéristique du lait. Elle est composée de plusieurs fractions et associée au phosphate de calcium sous forme d'agrégats hétérogènes subsphériques de petites dimensions, appelés micelles. La taille moyenne des micelles présente pour une espèce donnée une distribution caractéristique (fig. 1). Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation; elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromages et en laits fermentés.

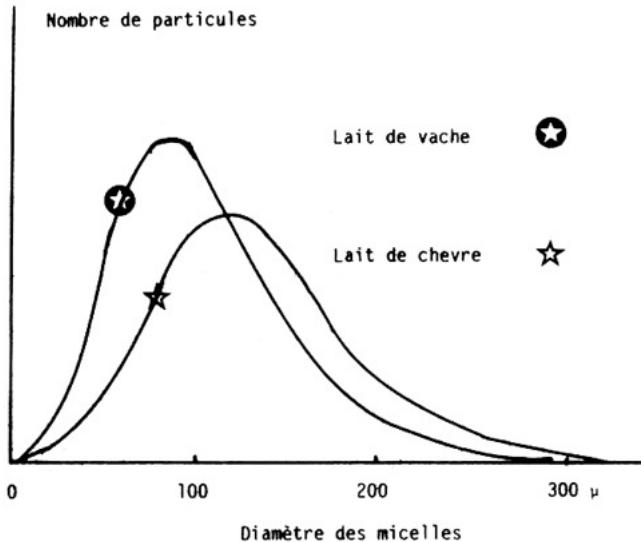


Fig. 1 - Distribution de la taille des micelles dans le lait  
(D'après E. KNOOPS et WORTMANN, 1960)

Les protéines dites solubles correspondent aux protéines qui ne précipitent pas par acidification, d'où leur appellation; elles représentent environ 20% des protéines solubles et sont constituées de plusieurs fractions dont les principales sont les albumines, les globulines, les protéases peptones. Ces protéines solubles ne coagulent pas par voie enzymatique, mais sont déstabilisées par la chaleur; elles se caractérisent en outre par une forte hydrophilie qui leur confère des propriétés fonctionnelles originales (pouvoirs hydratant et foisonnant) et par une valeur nutritionnelle élevée.

L'azote non protéique, ou A.N.P. encore dénommé "non proteinic nitrogen" ou N.P.N. englobe un ensemble de constituants très divers à poids moléculaire réduit, dont les principaux sont l'urée, des acides aminés libres, des

bases organiques. Ces éléments ne sont pas coagulables, dans les fabrications fromagères, ils sont éliminés avec le sérum. La protéolyse augmente le taux de NPN et sa mesure est un indice de l'importance de la dégradation du lait et des produits laitiers.

#### II.2.1.1.4. Le lactose

Le lactose est le sucre caractéristique du lait, il est responsable par son goût sucré et par sa concentration élevée de la saveur douce et agréable du lait frais. À l'état de solution, il est éliminé avec l'eau lors de l'égouttage des fromages et forme le constituant principal du lactosérum.

Le lactose est fermentable par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers:

- Fermentation lactique: due aux bactéries lactiques naturelles ou additionnées (ferments lactiques) qui utilisent le lactose en le transformant en acide lactique. Cette fermentation lactique est souvent accompagnée d'une production plus ou moins grande de substances secondaires (diacétyle) responsables de l'arôme des produits laitiers. L'acidité d'un lait fermenté par les bactéries lactiques s'accroît et devient supérieure à la valeur observée dans le lait frais.
- Fermentation propionique: due aux bactéries propioniques qui transforment le lactose en acides propionique et acétique responsables de la saveur des fromages à pâte cuite et en gaz carbonique responsable de l'ouverture de ces fromages.
- Fermentation butyrique: par des bactéries du genre Clostridium qui utilisent l'acide lactique déjà produit en le transformant en acide butyrique, responsable d'odeurs putrides et de goûts piquants, et en gaz carbonique et hydrogène responsables du gonflement tardif des fromages, en particulier à pâte cuite.
- Fermentation alcoolique: due à des levures qui hydrolysent le lactose en glucose + galactose et qui transforment ensuite le glucose en alcool éthylique. Cette fermentation est utilisée en particulier dans la fabrication du Kéfir.

A température élevée, le lactose participe avec les protéines à des réactions de brunissement non enzymatique pouvant altérer la couleur des laits et fromages pasteurisés et stérilisés.

Comparée à d'autres disaccharides, la solubilité du lactose dans l'eau est faible, elle est responsable de l'apparition de cristaux perceptibles à l'analyse sensorielle sous la désignation de "défaut salieux", dans les produits laitiers concentrés lorsque la teneur en lactose dépasse 18 %.

#### II.2.1.1.5. Les matières minérales

Elles sont représentées principalement par les phosphates, par les citrates, par les chlorures. Dans le lait, toutes les matières minérales ne sont pas en solution, une partie d'entre elles est associée aux protéines. Ces deux formes sont dans un état d'équilibre qui contribue à la stabilisation des micelles de caséine; il peut être modifié sous l'influence de divers facteurs tels que la température, l'acidification.

#### II.2.1.1.6. Les biocatalyseurs

Un grand nombre d'autres constituants se trouvent à l'état de traces dans le lait: ce sont des enzymes (phosphatases, lipase, réductases, etc ...), des vitamines (A, B, C, D, E, H, PP) et des facteurs de croissance ou d'inhibition des micro-organismes.

#### II.2.1.2. Comparaison de la composition chimique du lait de différentes espèces animales

Ainsi que le montre le tableau 5, la composition globale des différents laits transformés en fromages dans le bassin Méditerranéen est assez voisine en ce qui concerne la proportion de lactose et de minéraux, mais la teneur en matière sèche, en matières grasses et protéines est plus élevée pour le lait de chameau et surtout pour le lait de brebis; la composition des fromages obtenus ne sera donc pas la même. Une autre caractéristique de ce lait dont découle directement leur aptitude à la coagulation est la proportion de caséine par rapport aux matières azotées totales; les laits à haute teneur en caséine - vache, chèvre, brebis, buffles - sont dits "caséineux" et possèdent une bonne aptitude à la coagulation par voie enzymatique et par voie acide; au contraire, les laits où la proportion de protéines solubles est élevée et donc plus pauvres en caséine, comme le lait de chameau, sont dits "albumineux"; ils sont difficilement coagulables par les voies précitées, mais peuvent

être coagulés par action de la chaleur.

Tableau 5 COMPOSITION MOYENNE DES DIVERS TYPES DE LAITS UTILISÉS EN FROMAGERIE DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN

%	Eau	Matière sèche totale	Matières grasses	Matières azotées	Lactose	Minéraux	Caséine % Matières azotées
Vache	87,3	12,7	3,8	3,3	4,7	0,9	78
Chèvre	87,1	12,9	4,1	3,5	4,5	0,8	75
Brebis	81,0	19,0	7,5	6,0	4,6	0,9	77
Chamelle	87,4	12,6	3,6	3,6	4,7	0,7	72
Bufflesse	84,5	15,5	6,7	3,9	4,1	0,8	80

## II.2.2. Composition microbiologique du lait

Le lait contient toujours un nombre variable de cellules; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme les globules blancs, mais également à des éléments d'origine exogène que sont la plupart des micro-organismes contaminants.

### II.2.2.2. Micro-organismes

De très nombreuses variétés de micro-organismes peuvent contaminer le lait: bactéries, moisissures, levures. L'importance et la nature des contaminants dépendent de l'état sanitaire de l'animal, mais également des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte et de la température de conservation du lait. Un lait est considéré comme peu contaminé s'il renferme quelques centaines à quelques milliers de germes par millilitre, un lait fortement pollué peut en contenir plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions par ml. Dans cette microflore contaminante, les bactéries sont dominantes et conditionnent le plus directement la qualité hygiénique ainsi que l'aptitude à la conservation et à la transformation de la matière première.

### - Bactéries:

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires dont les dimensions sont de l'ordre de 0,5 à 1,5 micromètre ( $\mu$ ). Leur forme peut être oblongue (Bacilles), sphérique (Cocci) ou incurvée (Spirilles); certaines sont mobiles grâce à des flagelles, mais la plupart sont inertes. Les bactéries sont très largement répandues dans la nature, on les rencontre particulièrement dans le sol, l'eau, l'air et sur les êtres vivants.

Les bactéries, comme tous les êtres vivants, ont des besoins en énergie pour couvrir leur croissance. Les nutriments indispensables (azote, carbone, oxygène, minéraux, vitamines) existent tous dans le lait; le lait et la plupart des produits laitiers sont donc des milieux très favorables à leur prolifération rapide. Le développement bactérien s'accompagne de transformations variées du substrat dépendant en particulier de l'activité métabolique propre à la flore dominante; les principales catégories de bactéries sont les suivantes:

### - Bactéries acidifiantes

L'acidification lactique est caractéristique du lait et des produits laitiers; le processus se développe naturellement dans le lait cru sous l'influence des bactéries lactiques contaminant le lait et est exploité dans la fabrication des produits laitiers fermiers; il intervient également par ensemencement dirigé dans les transformations industrielles.

La principale conséquence de l'acidification est un accroissement de la teneur en acide lactique du milieu consécutif à la fermentation du lactose. La quantité d'acide formé peut être mesurée facilement par titrimétrie en utilisant de la soude; la concentration mesurée s'exprime en pourcentage d'acide lactique ou par rapport à des échelles structurées particulières comme l'échelle Dornic. Dans ce système, l'acidité du lait frais est de 16° D, toute acidification ultérieure accroît cette valeur de un degré Dornic chaque fois que la teneur en acide lactique augmente de un décigramme par litre.

Lorsque le développement de l'acidification est suffisant, le milieu acquiert une protection vis-à-vis d'autres bactéries d'altération du lait dont les bactéries productrices de gaz et les bactéries protéolytiques. De ce fait, le principe de l'acidification est largement exploité dans les procédés de conservation des aliments et en particulier pour les fromages et les laits fermentés.

### - Bactéries productrices de gaz

Ces bactéries, qui ne correspondent pas à un groupe taxonomique homogène, ont la propriété de transformer le lactose ou ses dérivés en métabolites variés et notamment en composés gazeux. Les bactéries coliformes et les bactéries butyriques sont les plus représentées dans le lait, elles sont responsables de gonflements accidentels, générateurs de saveurs et de textures indésirables.

### - Bactéries protéolytiques

Ces bactéries dégradent les protéines et induisent souvent le développement de saveurs défectueuses (goûts fécaux - goûts amers) lorsque la contamination est massive et la prolifération n'est pas contrôlée. A concentration faible et/ou lorsque le développement est maîtrisé, les bactéries protéolytiques contribuent de manière non négligeable à la protéolyse des fromages lors de l'affinage.

### - Bactéries lipolytiques

Ces bactéries transforment les matières grasses du lait et provoquent directement, ou indirectement, l'apparition de goûts et d'odeurs désagréables: saveurs rances, oxydées, etc. Elles se rencontrent en particulier dans les laits stockés pendant une longue période à basse température.

### - Levures et moisissures:

Levures et moisissures sont des contaminants habituels du lait et des produits laitiers; toutefois leur caractère fortement aérobie limite leurs proliférations aux interfaces des substrats avec l'atmosphère. Le développement équilibré de levures et de moisissures, ensemencées de manières naturelles et/ou dirigées sur de nombreux types de fromages, contribue efficacement par leurs activités enzymatiques élevées et variées à la protéolyse et à la lipolyse de la pâte au cours de l'affinage.

Outre l'environnement nutritionnel, quatre autres facteurs essentiels conditionnent la prolifération des micro-organismes et les transformations qu'ils induisent:

### - Sensibilité à la température

Une température optimale de croissance existe pour chaque type de micro-organismes; pour les germes psychotropes, elle se situe entre 0 et 15° C, pour les mésophiles, elle est de 15 à 35° C, pour les thermophiles de 35 à 45° C.

La flore contaminante du lait possède en général un caractère mésophile dominant; le refroidissement permet de ralentir la prolifération et les transformations subséquentes du substrat, mais non de les arrêter totalement. A l'inverse une élévation de la température au-delà de l'optimum de croissance se traduit par une destruction progressive et sélective des germes en fonction de leur thermosensibilité particulière; la plupart sont détruits par une thermisation (< 65° C) et une pasteurisation (< 100° C) de 15 à 60 secondes, mais certaines formes sporulées nécessitent une stérilisation (115° C) pendant 10–20 minutes.

### - Sensibilité à l'oxygène

Le besoin en oxygène des micro-organismes diffère fortement: les germes aérobies se développent exclusivement en présence d'air, les anaérobies en son absence; mais plusieurs genres et espèces de bactéries peuvent croître dans les deux conditions. La majorité des germes du lait sont aérobies, en particulier les levures, les moisissures et la plupart des bactéries. Leur développement est donc facilité lorsque la solubilisation d'oxygène dans le lait est accrue, par exemple par agitation et par refroidissement, ou lorsqu'une aération satisfaisante est maintenue dans les locaux, en particulier dans les salles d'affinage des fromages.

### - Sensibilité au pH

L'acidité du milieu conditionne fortement le développement des micro-organismes. Les substrats neutres comme le lait frais sont propices au développement de tous les microorganismes, mais l'optimum de croissance ne coïncide pas toujours avec la neutralité, certains germes ayant un caractère acidophile ou basophile plus ou moins marqué. La croissance des bactéries en général, à l'exception de la flore lactique, est inhibée par une acidification faible ou moyenne, celle des levures et des moisissures n'est ralentie qu'à des acidités très fortes. L'alcalinisation du substrat diminue en général le développement des micro-organismes. L'ajustement du pH des produits laitiers à la sensibilité particulière des germes désirables ou indésirables permet de maîtriser leur

croissance et constitue un des fondements de beaucoup de procédés de préservation utilisés en technologie laitière et en particulier en fromagerie.

#### - Sensibilité à l'activité de l'eau

Tous les micro-organismes possèdent une sensibilité particulière à la disponibilité de l'eau; la diminution progressive de la teneur en eau libre réduit leur croissance dans l'ordre suivant: bactéries, levures, moisissures. Dans le lait, l'activité de l'eau élevée est favorable au développement de tous les germes. Pour les produits laitiers transformés subissant une concentration de la matière sèche, l'abaissement de la disponibilité de l'eau est primordiale et constitue un des facteurs essentiels conditionnant leur aptitude à la conservation.

### II.3. - RECOMMANDATIONS POUR L'AMELIORATION DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DU LAIT

Les causes de contamination du lait sont nombreuses et variées: parmi les principaux facteurs interviennent: l'état sanitaire de l'animal, les conditions (durée, température) de collecte et de conservation du lait, l'état de propreté de toutes les surfaces entrant en contact d'une manière obligatoire ou accidentelle avec le lait.

#### II.3.1. Facteurs liés à l'animal

Le lait doit être obtenu à partir d'animaux en bonne santé. Le lait d'animaux malades de mammité et de brucellose contient des bactéries transmissibles à l'homme; il renferme, lorsque l'animal est sous médication, des résidus d'antibiotiques qui risquent d'inhiber le développement souhaitable des bactéries lactiques lors de la fabrication de fromages et de laits fermentés. Ces laits anormaux doivent être séparés du lait sain et ne pas être utilisés pour la transformation.

Le canal du trayon est toujours contaminé, même chez un animal sain; de ce fait, les premiers jets de lait obtenus lors de la traite doivent être éliminés.

L'extérieur de la mamelle est toujours chargé en germes; l'importance de la charge, qui est liée aux conditions de propreté de la stabulation, représente la source de contamination majeure du lait. Un nettoyage correct de la mamelle effectué avant la traite est donc indispensable pour obtenir un lait de bonne qualité microbiologique.

Deux méthodes peuvent être conseillées pour y parvenir. La première consiste à réaliser un nettoyage à sec du pis à l'aide de serviettes en papier ou en polyester et à usage unique; la seconde méthode consiste à laver la mamelle avec une solution désinfectante tiède (chlore: 500 mg/l - Iode: 75 mg/l), puis à la sécher avec une serviette propre à usage multiple ou mieux à usage unique.

### II.3.2. Facteurs liés au trayeur

Une contamination microbienne du lait peut résulter à la fois d'une mauvaise technique de traite et d'une utilisation de matériels mal nettoyés et désinfectés. Pour réduire toute pollution massive du lait, il convient que:

- Le trayeur soit en bonne santé, qu'il porte des vêtements propres et un couvre-chef, qu'il se lave les mains avant la traite; il doit éviter de se mouiller les mains avec les premiers jets de lait et de toucher le pis et les surfaces des matériels préalablement nettoyés et désinfectés qui entrent en contact avec le lait.
- La traite doit être réalisée dans un local ou un abri propre, éloigné de toute source potentielle de contamination (déchets - fumier - eaux stagnantes - poussières - insectes - pesticides - hydrocarbures).
- Les ustensiles et équipements utilisés pour recevoir, collecter et conserver le lait doivent être conçus pour faciliter le nettoyage, la désinfection et le contrôle visuel, toutes les surfaces en contact avec le lait doivent être non poreuses, lisses, exemptes de fissures; les matériaux ne doivent pas réagir au contact des composants du lait, ni des produits détergents et désinfectants utilisés pour la sanitation.
- La prolifération des germes étant très rapide dans le lait frais, il convient de le refroidir immédiatement après la traite s'il n'est pas destiné à être consommé ou transformé dans un bref délai. Pour être efficace et ne pas altérer excessivement la qualité chimique du lait, la température doit être inférieure à 10° C et la durée de conservation ne pas excéder 48 à 72 h.
- Le nettoyage et la désinfection doivent être conduits dans les conditions rigoureuses suivantes pour être pleinement efficaces:
- Ils doivent intervenir immédiatement après utilisation pour prévenir tout durcissement par séchage et toutes

proliférations microbiennes au niveau des dépôts organiques.

- Le nettoyage doit précéder tout usage de désinfectant, et être effectué selon les modalités ci-après:
- Rinçage à l'eau froide ou tiède (30–50° C) pour éliminer les dépôts les plus importants par simple effet mécanique d'entraînement. Il est important de souligner qu'une eau chaude (> 65° C) peut entraîner la précipitation de protéines et durcir les sédiments; son usage doit être évité.
- Brossage manuel et vigoureux des surfaces à l'aide d'une solution détergente (T: 35– 45° C - concentration: 0,5–1 %) jusqu'à l'élimination complète des dépôts. Le brossage est facilité après trempage préalable de quelques minutes dans la solution. Les brosses doivent être en bon état, propres, non poreuses et ne pas rayer les surfaces.
- Rinçage final à l'eau potable, froide pour éliminer la solution détergente.

La désinfection doit être pratiquée exclusivement sur des surfaces préalablement nettoyées, et de préférence juste avant la réutilisation des matériels, pour pallier toute contamination accidentelle survenue pendant la période d'arrêt. Deux méthodes peuvent être employées:

- Immersion dans l'eau très chaude (T > 80° C) pendant 10 à 20 mn.
- Immersion dans des solutions désinfectantes: la température, le temps de contact et la concentration conditionnent l'efficacité du désinfectant, mais diffèrent d'un produit à l'autre. Pour les solutions chlorées les conditions optima sont obtenues à la température de 20 à 30° C, à la concentration de 250 mg C1/1 solution et après 15 mn. Il faut remarquer qu'au-dessus de 40° C le pouvoir désinfectant diminue par libération de chlore à l'état gazeux.

Il convient également de souligner:

- que le détergent et le désinfectant choisis ne doivent pas être agressifs vis-à-vis des matériels traités; ainsi par exemple la soude et ses dérivés (carbonates - phosphates), le chlore attaquent l'aluminium et ses

alliages à toute température;

- que toute insuffisance de concentration en agent actif, de durée d'action et de rinçage accroît les risques de sélection de souches microbiennes résistantes aux détergents et désinfectants;
- que l'usage d'eau douce ou adoucie accroît l'efficacité des solutions.

Après nettoyage et désinfection, les équipements doivent être inspectés visuellement pour contrôler la qualité des opérations; les surfaces doivent être libres de tout dépôt ou particule.



---

### **CHAPITRE III** **PRINCIPES GENERAUX DE FROMAGERIE**

La fabrication de fromage par la méthode classique comporte trois phases successives : la coagulation, l'égouttage et l'affinage. Coagulation et égouttage constituent des étapes obligatoires : l'affinage est facultatif, et réservé aux seuls produits dits maturés.

La coagulation du lait est réalisée en vue d'exploiter une propriété particulière des gels lactés, qui est de s'égoutter spontanément. Cette évolution se traduit par la séparation progressive de la majorité de l'eau constitutive du lait sous forme de lactosérum, et d'un substrat semi-solide constituant le fromage.

Ce fromage est ensuite soumis le plus souvent à des transformations par voies enzymatiques destinées à modifier la saveur, l'aspect, la texture du substrat séparé.

Une caractéristique dominante de ces différentes phases est d'être d'une durée très différente. La phase de coagulation, comprise en quelques minutes à quelques heures, est la plus courte. L'égouttage est plus long et peut s'étaler de 1 à 48 heures. L'affinage constitue l'étape la plus importante dans le temps et peut se situer de quelques jours à plusieurs années. Le tableau 6 résume schématiquement ces durées respectives pour les principales catégories de fromages.

Tableau 6 CARACTERISTIQUES DE DUREE DE FABRICATION POUR LES DIFFERENTES CATEGORIES DE FROMAGES

Catégories de fromages	Coagulation	Durée égouttage	Affinage
Pâtes fraîches	16–48 heures	24–48 h	exceptionnel
Pâtes molles	45 mn - 2 h	16–24 h	0,5–2 mois
Pâtes pressées			
• non cuites	30 mn - 1 h	5–16 h	0,5–2 mois
• cuites	20–45 mn	2–16 h	3–24 mois

Il y a lieu de remarquer que la durée d'affinage est directement conditionnée par le caractère de stabilité acquis par le fromage après coagulation et égouttage (Cf. tableau 3) ; en règle générale, plus le fromage est humide, plus son Aw est élevé et l'affinage court.

Par ailleurs, il convient de souligner qu'il existe une interaction très grande entre les modalités des différentes phases de la fabrication et que le devenir du fromage est conditionné dès l'étape de la coagulation, voire antérieurement, dès l'expulsion du lait de la mamelle, si la composition du lait est modifiée par des traitements technologiques (refroidissement-chauffage), ou des fermentations dirigées ou non contrôlées intervenant entre la traite et le début de la coagulation.

### III.1 - LA COAGULATION

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait. Dans la

pratique, cette déstabilisation est réalisée de deux manières :

- Par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure,
- Par voie fermentaire à l'aide de bactéries productrices d'acide lactique (bactéries lactiques contaminant à l'état naturel le lait ou apportées sous forme de levains).

Les mécanismes d'action de ces deux agents coagulants au niveau de la micelle sont très différents. Bien qu'ils conduisent tous deux à la formation d'un coagulum (gel ou caillé), les propriétés rhéologiques de ce dernier restent caractéristiques du mode de coagulation. L'aptitude à l'égouttage, dont dépendent les caractéristiques physico-chimiques du fromage non affiné, est déterminée également de façon spécifique.

Dans les techniques fromagères classiques, les deux modes de coagulation ne sont jamais utilisés séparément, seule varie l'importance relative de leur action coagulante respective. Cette distinction permet de classer les fromages en trois grandes catégories :

- Les pâtes fraîches qui résultent d'une coagulation à caractère lactique prédominant;
- Les pâtes pressées qui résultent d'une coagulation à caractère présure prédominant;
- Les pâtes molles qui résultent d'une coagulation à caractère mixte.

Tableau 7 CARACTERISTIQUES DE COAGULATION DES DIFFERENTES CATEGORIES DE FROMAGES

Catégories de fromages	Concentration de l'inoculum	
	Enzyme coagulante force : 1/10 000 (ml/100 kg lait)	Bactéries lactiques (bact/ml lait)
Pâtes fraîches	1–5 ml	2–5 $10^5$
Pâtes molles	18–22 ml	1–2 $10^5$

Pâtes pressées • non cuites	20–25 ml	1–2 10 <sup>5</sup>
• cuites	22–40 ml	0,5 10 <sup>4</sup>

### III.1.1. Mécanismes de la coagulation

#### III.1.1.1. Le substrat spécifique intervenant dans la coagulation

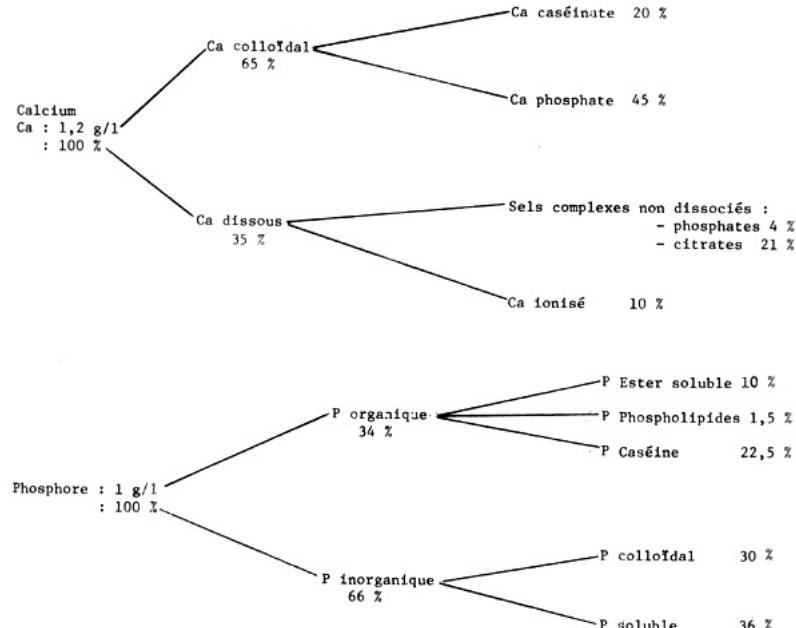
Le substrat spécifique intéressé par le phénomène de coagulation dans le lait est constitué par les protéines, essentiellement représentées par les caséines. Nous avons vu précédemment que ces protéines constituent la phase colloïdale; elles se trouvent pour leur plus grande part à l'état originel dans le lait sous forme de micelles. Les micelles sont des agrégats hétérogènes formés des polymères des différentes fractions caséiniques et associés, sous forme de complexes, à plusieurs sels minéraux dont le plus représentatif est le phosphate de calcium. La forme des micelles est subsphérique : leur diamètre moyen varie entre 30 et 300 mµ, celui-ci varie avec l'espèce, la race et le stade de lactation et se situe pour le lait de vache entre 80 et 100 mµ. La composition des micelles provenant d'une même femelle laitière n'est pas constante ; les petites micelles sont deux fois plus riches en caséine K que les grosses, leur degré d'hydratation est plus élevé. La structure des micelles est mal connue. De nombreux modèles ont été proposés ces dernières années ; le plus récent place la caséine K aux points d'articulations d'un réseau formé de polymères de caséine A et B. Entre les mailles du réseau protéique se trouve fixé le phosphate colloïdal. Cette micelle renfermerait 97 % de la caséine totale, 3 % se trouvant à l'état très dispersé dans la phase aqueuse.

Une propriété remarquable des micelles de phosphocaséinate de Ca est leur grande stabilité vis-à-vis des traitements thermiques et mécaniques, relativement énergiques. L'état colloïdal résiste donc bien à des opérations de transformation comportant des transferts et des variations de température modérées. Sous réserve de quelques précautions, il n'est pas altéré par une conservation de longue durée.

Plusieurs facteurs contribuent à conférer aux micelles leur stabilité : les principaux sont leur charge électrique, leur degré d'hydratation et leur charge minérale.

- La charge électrique des micelles du lait frais est fortement négative ; ce caractère résulte de la présence de nombreux groupements COO, correspondant aux amino-acides dicarboxyliques constituant en particulier la caséine K. Les micelles peuvent être assimilées à de gros ions chargés négativement, leur dispersion dans le lactosérum résulte de la forte répulsion électrostatique qui s'exerce entre particules voisines.
- Le degré d'hydratation des micelles est élevé : 1 g de protéines fixe environ 2,5 g d'eau. Ce caractère très hydrophile de la micelle correspond à la présence à sa périphérie d'une couche d'eau liée, étroitement fixée aux protéines, et d'une couche d'eau d'hydratation à structure moléculaire plus lâche, et moins orientée. Ces enveloppes d'eau contribuent à stabiliser fortement la micelle.
- Les sels minéraux, notamment Ca et P, se trouvent dans le lait sous des formes variées que l'on a coutume de classer en formes solubles et insolubles ou colloïdales. L'équilibre existant dans le lait frais correspondant à la répartition figure au tableau 8.

Tableau 8 EQUILIBRE SALIN DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE DANS LE LAIT FRAIS



La stabilité de l'état micellaire dépend de l'intégrité de ces équilibres ; ces derniers sont en réalité assez précaires dans le temps et sont particulièrement sensibles aux altérations par voie microbienne et enzymatique, d'où l'intérêt de collecter, de conserver et de transformer le lait dans les meilleures conditions d'hygiène. Toute protéolyse et toute acidification non contrôlée entraînent en effet des modifications néfastes et irréversibles de la micelle qui peuvent perturber le processus normal de transformation du lait en fromage.

### III.1.1.2. Coagulation par voie acide

#### III.1.1.2.1. Mécanisme

## Le mécanisme de la coagulation acide est de nature électrochimique.

Quel que soit le processus envisagé, l'acidification entraîne une chute du degré de dissociation des groupements acides ( $\text{COO}$ ,  $\text{PO}_3\text{H}$ ) du phosphocaséinate de calcium. Les ions  $\text{H}^+$  libérés par l'acidification neutralisent progressivement les charges électronégatives : la répulsion électrostatique diminue au fur et à mesure de l'enrichissement du milieu en ions  $\text{H}^+$ , puis disparaît. À la température ambiante, les micelles commencent à s'agrérer à pH 5,2. Lorsque le pH isoélectrique de la caséine est atteint (pH 4,6), il y a flocculation totale. Si l'acidification intervient sur un lait au repos, il y a formation d'une structure continue occupant tout le volume initial du lait : le gel ou coagulum ; si le lait est en mouvement, il y a apparition d'un précipité baignant dans la phase dispersante.

La coagulation acide est fortement dépendante de la température : pour des températures croissantes du lait supérieures à + 5° C, la flocculation apparaît à des valeurs d'acidité de plus en plus basses. Un lait acide peut aussi coaguler de manière imprévue lors du chauffage : il y a donc lieu de contrôler l'acidité avant tout traitement thermique, lorsqu'on redoute cette flocculation. Au contraire, une acidification sera souhaitable lorsqu'on réalise la précipitation thermique des protéines comme cela est pratiqué dans plusieurs procédés artisanaux de fabrication de fromages.

A l'opposé, pour les températures inférieures à 5° C, la flocculation par voie acide ne se fait plus, seule la viscosité du lait s'accroît et il n'est pas possible d'obtenir un gel véritable. En pratique fromagère la température choisie pour la coagulation est généralement comprise entre 20 et 35° C, elle contribue à une déstabilisation dans des délais raisonnables.

La neutralisation des charges micellaires, consécutive à l'acidification, s'accompagne d'une déminéralisation corrélative de la micelle, la solubilisation du phosphate de Ca et du Ca liés à la caséine croît avec l'acidification. Au pH isoélectrique, la charge minérale de la caséine devient nulle ; on obtient ainsi une caséine dite "Isoélectrique" entièrement désalifiée. Au cours des fabrications fromagères, l'acidification développée en cours de coagulation et d'égouttage conduit toujours à une déminéralisation plus ou moins poussée du coagulum. Le contrôle constant de cette évolution permet de suivre et de régler la charge minérale du caillé ; cette dernière conditionne directement l'aptitude à l'égouttage et détermine, en grande partie, la composition et l'extrait sec

finals du fromage. Pour un fromage donné, toute dérive de l'acidification au dehors de l'évolution standard se traduira par un accident.

L'acidité développée n'est pas la même pour tous les types de fromages, mais possède pour chacun d'eux une valeur caractéristique qui est déterminée principalement par l'importance de la quantité de lactose transformée et par l'humidité finale du produit, les fromages humides étant généralement plus acides que les fromages secs.

Au plan de la conservation, l'acidification intervient en ralentissant la croissance des micro-organismes intervenant dans l'altération du substrat ; mais cet effet est sélectif. Dans les limites d'acidification observées au cours de la fabrication des fromages, le développement des bactéries est ralenti d'une manière importante, celui des levures et des moisissures n'est que légèrement atténué.

### III.1.1.2.2. Modalités de la coagulation par voie acide

En fromagerie classique, l'acidification du lait est réalisée par voie biologique par l'intermédiaire de bactéries lactiques dont la caractéristique métabolique dominante permet la transformation du lactose en acide lactique. Exceptionnellement, un apport limité d'acide organique peut contribuer à la déstabilisation des micelles; il s'agit d'une pratique utilisée surtout au plan industriel pour régler l'acidité initiale du lait et obtenir ainsi des temps de coagulation normalisés, nécessaires aux opérations de traitements ultérieurs mécanisés ou automatisés du coagulum.

En pratique fromagère, la fermentation lactique peut être conduite en faisant appel :

- aux bactéries lactiques présentes à l'état naturel dans le lait cru,
- aux bactéries lactiques apportées sous forme de levains.

Dans les deux cas, l'acidification est directement liée aux propriétés des bactéries lactiques présentes et aux facteurs de milieu qui conditionnent leur développement.

#### Propriétés des bactéries lactiques :

## Composition

Les bactéries lactiques font partie de la famille des LACTOBACTERIACEAE et se classent en deux tribus :

- Les STREPTOCOCCEAE, bactéries sphériques se présentant à l'examen microscopique sous forme de chaînes plus ou moins longues,
- Les LACTOBACILLEAE, bactéries allongées en forme de bâtonnet.

Ces bactéries sont très exigeantes en ce qui concerne leurs besoins azotés et vitaminiques. La présence dans le milieu de culture de facteurs de croissance et d'oligo-éléments est indispensable pour leur développement. Elles utilisent le lactose dans leur métabolisme en le transformant en acide lactique, et en produits secondaires intervenant notamment dans le goût et l'arôme des produits laitiers. Elles possèdent une activité protéolytique faible, mais en raison de leur grand nombre dans le fromage (1 milliard/g), elles contribuent efficacement à la transformation de substrat lors de l'affinage où l'action de leurs protéases s'ajoute à celle de la présure pour dégrader la caséine.

### Croissance des bactéries lactiques dans le lait

À une température donnée, les bactéries lactiques se développent selon une courbe de croissance (figure 2) différente de la courbe d'acidification ; on peut voir, dans l'allure du développement, cinq phases :

1. La phase de latence ou d'adaptation dont la durée dépend du nombre de bactéries inoculées et de l'état physiologique de ces bactéries. Cette phase peut être très courte avec un inoculum important.
2. La phase de développement exponentiel caractérisée par un taux de croissance maximum des bactéries. La pente de la courbe dans cette zone est constante pour une souche donnée et un milieu donné, mais elle varie beaucoup avec la température. À la fin de cette phase, l'acidité n'a pas encore atteint sa valeur limite.
3. La phase de ralentissement.

4. La phase stationnaire.

5. La phase de déclin.

Ces trois dernières phases correspondent à un épuisement du milieu en éléments nutritifs et à une concentration inhibitrice en substances résultant du métabolisme microbien (acide lactique par exemple) qui entraînent la mort progressive des cellules.

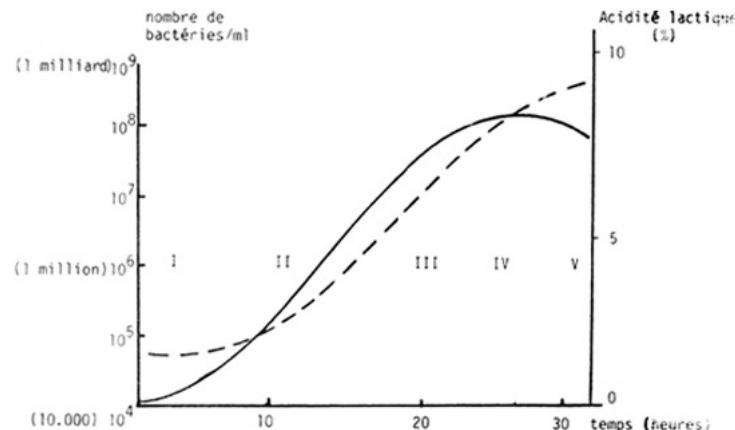


Fig. 2 - COURBE TYPE DE DEVELOPPEMENT ET D'ACIDIFICATION DES BACTERIES LACTIQUES DANS LE LAIT (D'après RAMET, 1976)

\_\_\_\_ Développement  
- - - Acidification

En fabrication fromagère, il est conseillé de faire coïncider le début de la phase de développement linéaire de croissance avec le début de la phase de coagulation qui correspond à l'apport de l'enzyme coagulante. Dans ces

conditions, les délais de fabrication importants dus à l'incidence de la phase de latence sont supprimés, l'adaptation des bactéries intervenant préalablement pendant la période dite de maturation du lait. Ultérieurement, la croissance bactérienne et l'acidification se développent pendant la coagulation et l'égouttage ; elles atteignent un maximum à la fin de l'égouttage. Pendant toute cette période, les conditions de température doivent être optimisées pour obtenir les cinétiques d'évolution optima par ajustement précis de la température du lait, puis de l'ambiance pendant l'égouttage. Lors des phases ultérieures de la fabrication, du salage, puis de l'affinage, les phénomènes se stabilisent par suite de la baisse de température et de l'activité de l'eau.

Dans la pratique, le déroulement de la croissance bactérienne ne se manifeste pas toujours selon les conditions idéales précitées : celle-ci peut en effet être perturbée par de multiples facteurs, dont l'identification certaine n'est pas toujours aisée :

- Lait ne convenant pas à la croissance bactérienne par suite de sa pauvreté en facteurs de croissance naturels. L'apport d'activateurs (vitamines, peptides, amino-acides) peut compenser ce déficit.
- Lait contenant des substances inhibitrices de la croissance bactérienne : inhibiteurs naturels de types lacténines, résidus d'agents détergents et désinfectants non éliminés après nettoyage du matériel, acides gras libérés par la lipolyse.
- Lait contaminé par des bactéries indésirables se développant en concurrence avec la flore lactique. Le cas le plus fréquent est celui des bactéries coliformes qui engendrent une intense production de gaz d'où l'apparition du gonflement et de flaveurs indésirables dans le fromage.
- Lait contaminé par les bactériophages. Les bactériophages sont des virus, parasites obligatoires de la cellule bactérienne qu'ils détruisent. La plupart sont spécifiques d'un micro-organisme donné, c'est pourquoi il est utile de constituer des mélanges de variétés constitués par des bactéries ayant des types phagiques différents. Comme la plupart des micro-organismes, on les rencontre habituellement dans l'ambiance des usines et plus particulièrement dans les ateliers de réception et d'écrémage.

Les procédés classiques d'asepsie et de désinfection permettent d'écartier les risques de contamination au

niveau des repiquages. Toutefois, lors de l'ensemencement de la cuve à levain, le risque persiste et on ne peut utiliser que des remèdes préventifs :

- Utilisation de mélanges d'espèces et de variétés,
- Rotation des cultures en évitant l'utilisation trop prolongée d'une même souche,
- Utilisation de souches résistantes aux bactériophages.

### Acidification naturelle

L'acidification peut résulter d'un processus d'évolution naturelle du lait, lié à la prolifération des bactéries lactiques apportées par la contamination lors de la traite et de la transformation; c'est le cas en particulier de la plupart des fabrications de fromages fermiers, réalisés à partir de lait cru ne subissant pas de traitement thermique (thermisation, pasteurisation). Cette acidification naturelle du lait est très variable en vitesse et en intensité, car elle dépend de plusieurs facteurs qui ne sont pas constants dans le temps (conditions d'hygiène lors de la traite, saisons, durée, température de conservation du lait avant transformation, etc.). Globalement, les fabrications tributaires d'une acidification exclusivement naturelle se caractérisent souvent par une irrégularité de la cinétique d'acidification et, corrélativement, de celle des fromages obtenus. De ce fait, la pratique de l'ensemencement dirigé sous forme de levain est-il souhaitable, car moins aléatoire que l'ensemencement naturel.

### Acidification dirigée après apport de levains lactiques

Cette pratique est réalisée de manière facultative en fabrication de type artisanale, mais son emploi s'est généralisé en fabrication industrielle où l'exigence d'une régularité dans la qualité est primordiale. L'efficacité d'un ensemencement dirigé en bactéries lactiques est tributaire de plusieurs facteurs :

#### - Choix des levains

- Sélection des souches en fonction de leurs pouvoirs acidifiant (quantité d'acide lactique produite par unité de temps) et aromatisant ainsi que de leur résistance aux bactériophages.
- Sélection de levains d'après l'adéquation entre leur composition et le type de fromages fabriqués.

Généralement l'équilibre suivant est recherché pour les produits ci-après :

- Beurre, pâtes fraîches, pâtes molles, pâtes persillées et pâtes pressées non cuites :
  - *Streptococcus lactis* et *Streptococcus cremoris* : ce sont des germes acidifiants ; leur température d'incubation varie entre 20 et 30° C ;
  - *Streptococcus diacetylactis* et *Leuconostoc citrovorum* : ce sont des germes producteurs de diacétylique ; leur température d'incubation varie entre 20 et 30° C. Leur activité acidifiante n'est pas négligeable ; elle varie selon les souches.
  - *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*: leur température optimum de développement se situe vers 40–45° C. Ces bactéries sont utilisées facultativement et en très petites quantités en raison de leur pouvoir acidifiant très élevé.
- Fromages à pâtes pressées cuites :
  - *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus helveticus*: leur température d'incubation se situe vers 38–40°C ; il existe entre ces deux bactéries un phénomène particulier de symbiose : *Streptococcus thermophilus* ne se développe bien qu'en présence de produits d'hydrolyse de la caséine résultant de l'action du *Lactobacillus*.
  - Ferments propioniques du genre *Propionibacterium* responsables de l'ouverture des fromages. Ces ferments n'appartiennent pas au groupe des bactéries lactiques.

#### - Type de levains

La pratique de l'ensemencement du lait en vue de la fabrication de divers produits laitiers est ancienne. Jusqu'à une époque récente, il s'agissait de levains empiriques constitués d'une partie de la préparation précédente. Comme dans toutes les industries de fermentation, l'évolution des techniques a conduit à remplacer les microflores spontanées par des bactéries sélectionnées, dont les propriétés sont connues. Aussi, actuellement

divers types de cultures sont vendues par des laboratoires spécialisés, ils diffèrent par leur mode de préparation, leur concentration bactérienne et les espèces constitutives :

a) Cultures liquides

Les cultures liquides récentes contiennent des micro-organismes actifs capables de se développer après un temps de latence très court. Par contre, leur conservation est difficile en raison de la présence, dans le milieu qui leur sert de support, des produits de leur métabolisme. Leur concentration est de l'ordre de  $10^9$  germes/ml.

b) Cultures en poudre

Ces cultures sont préparées à partir de cultures liquides qui sont séchées à température ambiante le plus souvent sous vide. Leur conservation est bonne car elles ne se trouvent pas dans leur phase de développement. Cependant, leur phase de latence est plus ou moins longue selon les souches et plusieurs repiquages sont souvent nécessaires pour qu'elles retrouvent toute leur activité. Leur concentration est de l'ordre de  $10^9$  germes/g.

c) Cultures lyophilisées

Elles sont préparées à partir de cultures liquides additionnées d'un substrat protecteur, par congélation, suivie d'une sublimation. Ce sont des cultures actives se conservant bien. Le nombre de micro-organismes est de l'ordre de  $10^9$ /g.

d) Cultures concentrées

Il s'agit de cultures liquides concentrées le plus souvent par centrifugation ou désacidification. Ce sont des cultures généralement très actives, d'une durée de concentration moyenne et dont la conservation varie entre  $10^9$  et  $10^{10}$  germes/ml.

e) Cultures concentrées congelées

Leur préparation se fait en 3 phases principales:

- Culture avec neutralisation continue de l'acide lactique produit. On obtient ainsi une densité bactérienne de  $10^9$  à  $10^{10}$  germes/ml ;
- Centrifugation en continu permettant d'atteindre des concentrations allant jusqu'à  $10^{11}$  germes/ml ;
- Congélation et conservation à l'état congelé à des températures variables selon les fabricants.

Ce sont des souches très actives et leur haute concentration peut permettre de les utiliser directement en cuve de fabrication.

#### f) Cultures concentrées lyophilisées

La concentration des bactéries s'effectue selon un processus analogue à celui utilisé pour les fermentes concentrés congelés. Le concentré liquide est finalement lyophilisé et conservé sous cette forme.

Leur bonne activité n'exige pas de culture intermédiaire et permet de les inoculer directement dans la cuve à levain ou dans la cuve de fabrication (ensemencement direct).

#### UTILISATION DES LEVAINS

En général, les fermentes utilisés sont des souches mixtes contenant à la fois des bactéries acidifiantes et aromatisantes. Les variétés entrant dans leur composition sont souvent nombreuses ; cette condition est indispensable pour éviter des accidents de bactériophages. Il existe toutefois des cultures pures, constituées d'une seule espèce, mais avec souvent plusieurs variétés. Ces souches ont l'avantage de ne pas se déséquilibrer lors des repiquages successifs et permettent la réalisation de mélanges variés à la convenance de l'utilisateur. Il faut toutefois noter, dans ce cas, un risque d'incompatibilité entre souches au moment de l'emploi.

#### - Techniques de préparation

A partir des cultures commerciales non concentrées, il existe de nombreux schémas de préparation et d'utilisation des levains. Le procédé le plus logique est probablement celui qui utilise le moins de récipients avec le minimum de manipulation. Nous avons schématisé trois procédés qui semblent être les plus utilisés à quelques variantes près (figure 3).

Le premier tend à disparaître de plus en plus car il conduit souvent à des accidents, soit par contaminations, soit par déséquilibres. Les deux autres procédés, s'ils éliminent certains risques de contaminations, exigent toutefois un travail et un équipement plus importants.

#### - Qualité du lait destiné à la fabrication des levains

Le lait choisi doit être de bonne qualité, produit par des animaux sains n'ayant pas été soignés par des antibiotiques ou autres agents thérapeutiques susceptibles d'inhiber le développement des micro-organismes. Le lait ne doit pas avoir une activité lipolytique anormale, car certains acides gras produits sous l'action des lipases inhibent le développement des cultures. Dans certains laboratoires, on utilise pour les premiers stades de repiquage du lait écrémé reconstitué à 10 à 11 % d'extrait sec. Cette méthode a l'avantage de permettre l'uniformisation des repiquages à condition d'utiliser de la poudre de bonne qualité chimique et bactériologique.

Par ailleurs, il est souhaitable de sélectionner chez certains producteurs des laits réputés par la constance de leurs qualités.

Un traitement thermique du lait est nécessaire pour détruire la majorité ou tous les micro-organismes et pour inactiver les inhibiteurs naturels du lait. Ce chauffage présente également l'avantage de libérer des facteurs de croissance pour certaines bactéries lactiques. A la suite de ce traitement par la chaleur, le lait doit être refroidi rapidement, jusqu'à la température d'ensemencement, pour éviter des altérations physico-chimiques trop importantes, dues à une exposition prolongée aux hautes températures, et pour réduire la possibilité de croissance des bactéries thermophiles, qui ont pu résister au traitement, ou des germes de recontamination.

#### - Taux d'ensemencement

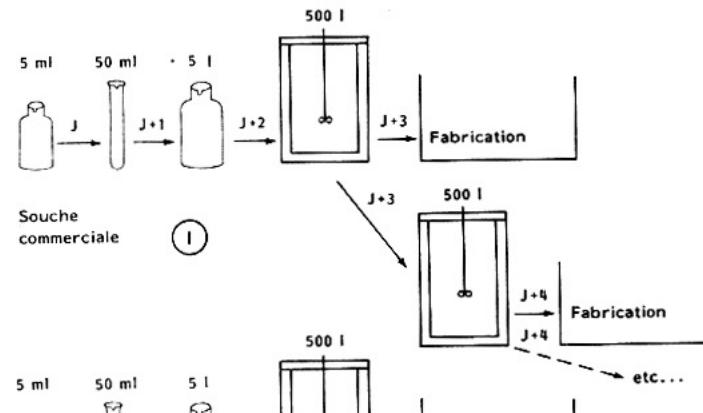
Le taux d'ensemencement à utiliser pour chaque souche et chaque repiquage dépend du temps et de la

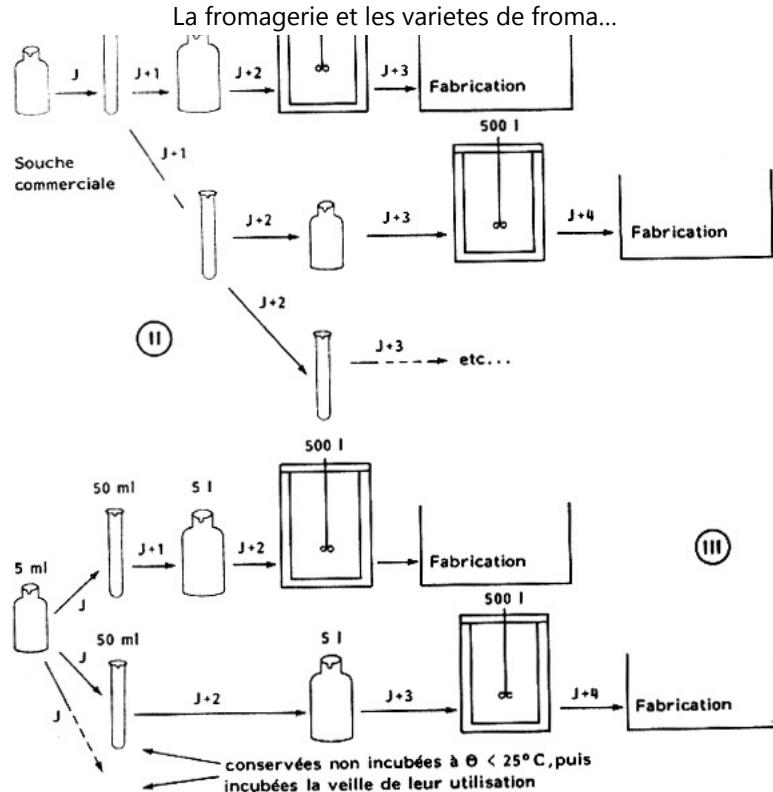
température d'incubation choisie, mais aussi de la concentration initiale de la culture et des caractéristiques de cette culture.

Il serait souhaitable d'ensemencer, non pas en fonction d'un rapport de volumes qui représente très mal le nombre de bactéries effectivement inoculées, celui-ci pouvant varier par exemple du simple au double pour deux levains apparemment identiques, l'un titrant 80° D, et l'autre titrant 70° D, mais directement en fonction du nombre de micro-organismes. L'obstacle réside dans la mise en oeuvre d'un procédé rapide de numération et, à défaut, s'il faut parler de pourcentage, il faut vérifier avec précision le niveau d'acidité de la culture à repiquer en ne perdant pas de vue que, pour deux souches différentes et un même niveau d'acidité, le nombre de bactéries réellement mis en oeuvre sera différent.

#### - Temps et température d'incubation

On considère généralement l'incubation d'un ferment terminée lorsque le lait a coagulé. Il faut éviter de prolonger l'incubation au-delà pour avoir une culture se trouvant dans sa phase de croissance active. Industriellement, on se fixe un temps d'incubation et les taux doivent être ajustés pour obtenir en fin d'incubation une acidité constante se situant vers 70° D pour les ferment mésophiles.





**Figure 3: Schémas d'utilisation des fermentes non concentrés**

Les températures d'incubation dépendent essentiellement des caractéristiques de la souche et doivent être contrôlées avec précision. Lorsque le repiquage ou l'utilisation de la culture incubée ne peut se faire immédiatement, il est nécessaire de refroidir rapidement pour éviter un prolongement de l'incubation qui

amènerait les bactéries dans la phase stationnaire ou de déclin.

L'utilisation des fermentations lactiques en laiterie exige non seulement le respect des conditions générales de travail aseptique rencontrées dans toute industrie de fermentation, mais aussi une bonne connaissance de leurs propriétés.

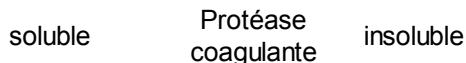
### III.1.1.2.3. Propriétés du coagulum obtenu par voie acide

Le coagulum formé par voie acide possède des propriétés rhéologiques caractéristiques: il est friable, peu élastique, son raffermissement est très limité et très lent. Sa porosité est bonne, sa perméabilité élevée, mais son aptitude à l'égouttage est limitée. La courbe ci-après (fig. 4) illustre une cinétique de raffermissement mesurée par une méthode instrumentale d'un lait coagulé par voie acide.

### III 1.1.3. Coagulation par voie enzymatique

#### III 1.1.3.1. Mécanisme d'action

Le mécanisme d'action des enzymes coagulantes lors de la coagulation du lait est bien connu. Schématiquement, lors de la réaction d'hydrolyse, un fragment de la caséine, le caséinopeptide est dissocié de la micelle et éliminé dans le lactosérum ; le phénomène peut être résumé comme suit :



A la suite de l'hydrolyse, la caséine Kappa, qui à l'état originel protégeait la micelle de l'insolubilisation, perd ce pouvoir protecteur et provoque une modification de structure et de composition de la micelle qui conduit à la gélification.

La perte du pouvoir protecteur est liée au fait que l'hydrolyse prive la micelle des groupements chimiques

stabilisateurs présents sur la caséine Kappa ; il s'agit de fonctions hydrophiles conférant l'hydratation et de fonctions acides apportant la charge électronégative à la micelle et responsables de sa stabilité native.

Le phénomène de coagulation a été largement étudié, il se dissocie en deux phases successives :

- Une phase dite primaire qui correspond à la réaction d'hydrolyse proprement dite de la fraction Kappa ; elle se traduit par une augmentation progressive de l'azote solubilisé dès l'apport de l'enzyme coagulante au lait.

En fin de réaction, lorsque toute la caséine Kappa a été hydrolysée, la teneur en azote soluble se stabilise à 1,6 % de la teneur en azote total (figure 5).

La réaction primaire est très sensible à la température, elle est très lente entre 0 et 10° C, sa vitesse augmente rapidement aux températures supérieures, elle triple lorsque l'élévation de température est de 10° C.

- Une phase secondaire correspondant à la flocculation proprement dite. Cette réaction ne peut se faire que si elle a été précédée par la phase primaire.

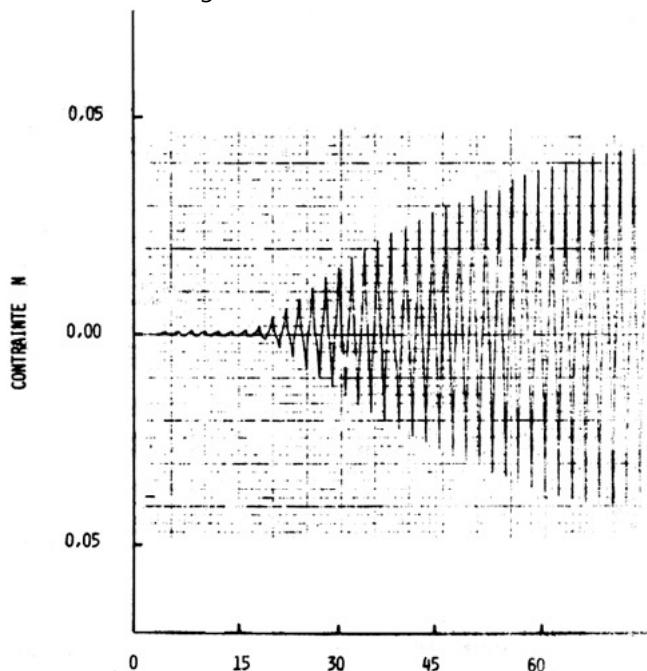


Fig. 4 - EVOLUTION DE LA RIGIDITE D'UN COAGULUM LACTE OBTENU PAR VOIE ACIDE (D'après RAMET et coll., 1982)

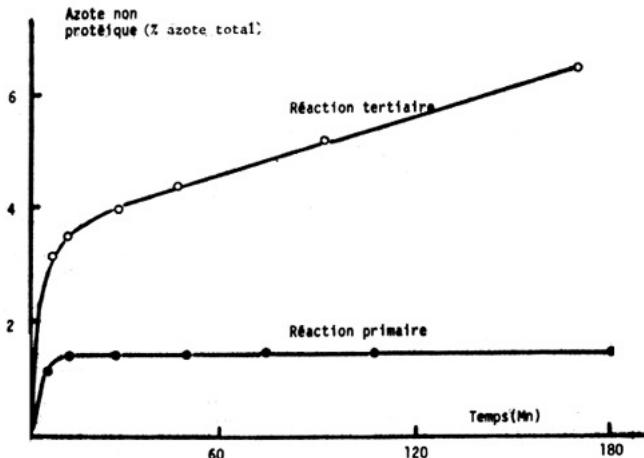


Fig. 5 - EVOLUTION DE L'AZOTE NON PROTEIQUE LIBERE PAR ACTION DE LA PRESURE SUR LA CASEINE (D'après ALAIS, 1965)

Le processus de la floculation est mal connu, il résulte vraisemblablement dans une première étape de l'agrégation des micelles en filaments, puis dans une seconde étape, de l'entrelacement de ces filaments en un réseau tridimensionnel. Cette phase est très sensible aux variations de température. Elle ne se produit pas à des températures inférieures à + 15° C. Au-delà, sa vitesse croît très rapidement, elle est multipliée par 15 par élévation de température de 10° C.

Par ailleurs, la présence du calcium soluble à l'état ionisé est indispensable à l'accomplissement de la phase secondaire. Dans le lait cru, la présence de calcium est suffisante pour permettre une bonne coagulation.

Au contraire, dans les laits pasteurisés où le chauffage a insolubilisé le calcium, il est nécessaire de restaurer la charge initiale en ions par apport de chlorure de calcium. Cet apport est réalisé le plus souvent à raison de 5 à

30 g/100 kg de lait. Il y a lieu de ne pas dépasser ces concentrations, un excès de calcium augmente en effet le risque d'apparition de goût amer dans le fromage en particulier si ce sel n'est pas purifié et renferme notamment du magnésium.

La phase secondaire est un phénomène dynamique qui se traduit par une modification importante des propriétés physiques du lait. (figure 6). Dans les premières minutes suivant l'apport de l'enzyme coagulante dans le lait, une diminution de la viscosité du lait apparaît; elle s'explique par la diminution de la dimension moyenne des micelles consécutive à leur hydrolyse spécifique. Lorsque l'agrégation des micelles devient prépondérante sur la réaction d'hydrolyse, la viscosité s'accroît progressivement avec l'augmentation de la taille des agrégats formés et conduit à la formation d'une structure continue : le gel. Un point privilégié de cette évolution est la flocculation qui correspond au moment où les agrégats deviennent visibles par l'œil humain, mais cette étape n'a pas d'autre signification particulière en soi. Ce point particulier est défini par le temps de flocculation qui sépare le moment de l'addition de l'enzyme coagulante, et celui où le début de gélification est visible.

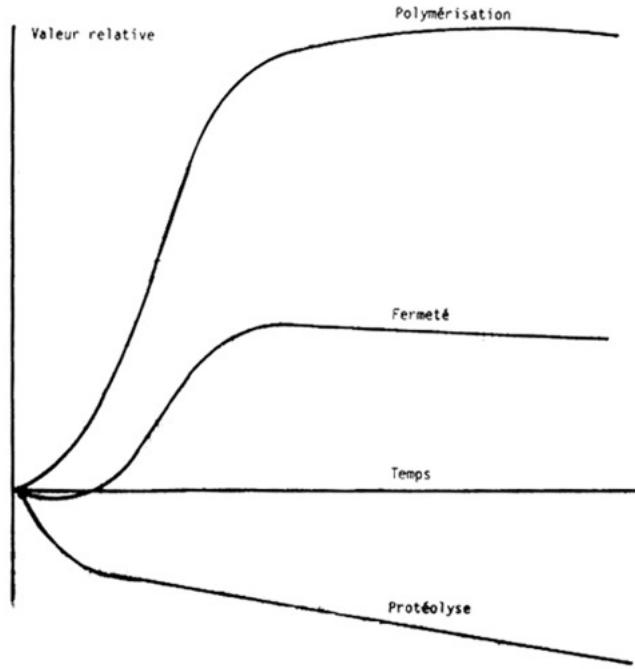


Fig. 6 - HYPOTHESE EXPLICATIVE DE L'EVOLUTION DE LA FERMETÉ D'UN GEL LACTE OBTENU PAR VOTE ENZYMATIQUE (D'après RAMET, 1976)

Phase primaire et phase secondaire diffèrent donc principalement par leur sensibilité aux variations de température ; en pratique il y a donc lieu d'ajuster très précisément au degré près ce paramètre de manière à bien maîtriser la phase de coagulation. Par ailleurs, cette sensibilité différentielle à la température a été exploitée dans certains procédés modernes de coagulation en continu : le lait le plus souvent concentré est mûri et emprésuré à basse température ( $5\text{--}10^\circ\text{C}$ ) ; la phase primaire a lieu pendant ce stockage ; pour provoquer la

flocculation, il suffit de réchauffer le lait à une température supérieure à 15° C, la coagulation est alors instantanée.

### III.1.1.3.2. Modalités de la coagulation par voie enzymatique

La flocculation du lait par voie enzymatique résultant d'une hydrolyse spécifique du constituant K de la caséine, il n'est donc pas surprenant que de multiples substances, possédant une activité protéasique, soient capables de rompre cette liaison particulière et donc de provoquer la coagulation du lait. Cette condition n'est pourtant pas suffisante pour que ces substances soient utilisables en fromagerie, elles doivent présenter un certain nombre de propriétés physico-chimiques et technologiques, qui sont indispensables à la bonne conduite des fabrications fromagères.

#### Propriétés physico-chimiques

- Bonne solubilité dans l'eau : celle-ci conditionne la répartition du produit, permet l'obtention d'une coagulation homogène dans toute la masse du lait ;
- Odeur et couleur faibles ou nulles de façon à ne pas modifier l'aspect et les qualités organoleptiques du fromage ;
- Degré de pureté élevé : ce dernier est indispensable pour éviter divers accidents dus à la prolifération de micro-organismes indésirables ou à l'activité d'enzymes contaminantes ;
- Absence de toxicité pour le consommateur ;
- Activité antibiotique nulle de façon à ne pas perturber le développement des fermentations lactiques au cours du processus d'élaboration du fromage, ainsi que les équilibres de la flore intestinale du consommateur ;
- Activité protéolytique et lipolytique faibles : la première conditionne directement la - tension des coagulums formés et par conséquent, leur aptitude au travail mécanique : les protéases très actives brisent de nombreuses liaisons peptidiques, en plus de celle indispensable à la flocculation, les coagulums formés sont

très mous, voire "digérés", et improches à supporter les opérations de moulage ou de tranchage.

Une activité protéolytique trop intense se traduit en outre par une solubilisation importante des protéines, les fragments libérés étant éliminés avec le sérum ; il s'ensuit une baisse du rendement fromager. En outre, les modalités de l'affinage peuvent être modifiées, la durée de maturation est trop courte, la protéolyse est trop intense, la pâte coule, devient collante ; des goûts anormaux apparaissent.

Une activité lipolytique intense se traduit par l'apparition de goûts de rance plus ou moins prononcés, d'une texture collante à des stades variables de l'affinage ; la qualité organoleptique des produits finis est donc altérée.

### Propriétés technologiques

Tout enzyme doit permettre de respecter les modalités habituelles du déroulement des différentes phases de la fabrication ou ne s'en éloigner que très peu : celles-ci déterminent en effet la composition, les qualités organoleptiques du produit fini qui sont relativement constantes pour chaque catégorie de fromage.

- L'activité coagulante doit être bonne dans les conditions physico-chimiques des laits habituellement transformés en fromagerie ;
- Les propriétés rhéologiques des coagulums doivent évoluer après la floculation de façon à permettre le travail mécanique du gel dans les délais habituels ;
- La synthèse du coagulum au cours de la phase d'égouttage doit permettre d'obtenir un fromage d'extrait sec et de composition chimique caractéristiques, dans un délai au plus égal à celui observé avec la préure ;
- Les modalités de l'affinage doivent permettre d'obtenir un produit fini présentant les normes organoleptiques habituelles après une durée de maturation voisine de celle des fromages fabriqués avec la préure ;
- Les rendements fromagers, exprimés en poids sec de fromage, doivent être au moins égaux à ceux relevés lors de l'emploi de la préure.

### III.1.1.3.2.1. Les enzymes coagulantes d'origine animale

Plusieurs protéases d'origine animale sont utilisées pour la fabrication des fromages; toutefois, la présure est de très loin la plus employée. Diverses pepsines peuvent être choisies, mais leur usage est plus restreint. Enfin, l'emploi de trypsine et de chymotrypsine n'a pas dépassé le stade expérimental.

#### III.1.1.3.2.1.1. La présure

##### - Origine

La présure de veau est l'agent coagulant traditionnellement utilisé pour la coagulation du lait en vue de la fabrication de la majorité des fromages ; de petites quantités sont produites à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau.

La dénomination "présure" est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle contient en réalité deux fractions actives : l'une majeure constituée par la chymosine, l'autre mineure, par la pepsine.

La sécrétion de chymosine s'arrête au moment du sevrage, lorsque des éléments solides sont présents dans la ration alimentaire ; la production de pepsine s'accroît alors très fortement et devient dominante. L'activité protéolytique de l'enzyme, qui est sécrétée à l'état d'un précurseur inactif, est accrue considérablement à la suite d'une hydrolyse partielle dans le milieu acide stomacal.

##### - Préparation

Après collecte, les caillettes, préalablement nettoyées, sont séchées, salées ou congelées pour conservation, jusqu'à extraction de la présure.

Cette opération est réalisée par macération des estomacs, découpés dans une solution salée pendant quelques jours, le pH étant ajusté à 5,0–5,5 pour favoriser l'activation de la prochymosine.

Le jus de macération est ensuite clarifié à l'alun, puis filtré. La standardisation de la force, du pH, de la teneur en NaCl, de la couleur est effectuée finalement parallèlement à l'ajout de conservateurs autorisés par la réglementation.

La force de la présure est exprimée par un rapport entre une unité de poids et (ou) de volume de présure, capable de coaguler un nombre d'unités correspondantes de lait dans des conditions définies de température et de temps. Ces conditions sont différentes selon la méthode réglementaire de référence adoptée. En France, la méthode officielle est celle de Soxhlet ; elle précise que la coagulation doit intervenir à 35° C après 40 minutes.

Conservés à température ambiante, les extraits liquides perdent lentement leur activité, ils doivent être conservés au froid (0–5° C). Il existe également des présures sèches (poudre ou comprimé), mieux adaptées à la conservation, mais moins pratiques à l'emploi ; elles sont obtenues par relargage au sel d'extraits liquides.

Diverses expérimentations ont été également développées pour la production de présure à partir d'animaux fistulés ; le rendement unitaire en présure apparaît être plus élevé que celui des caillettes traitées par la méthode classique ; toutefois le coût opératoire, les risques cliniques et les servitudes d'exploitation limitent l'intérêt et le développement de ce procédé.

Au plan artisanal, l'utilisation de présure commerciale n'est pas généralisée. La caillette peut servir à la préparation de présures dites naturelles, obtenues par macération dans du lactosérum, ce milieu apportant alors à la fois enzymes coagulantes et bactéries lactiques nécessaires à la coagulation. Enfin, la caillette peut être immergée directement dans le lait à transformer. Ces divers procédés présentent l'inconvénient d'être peu reproductibles, en raison des variations de concentration en principe actif, consécutif à l'épuisement progressif des caillettes en enzymes.

#### - Propriétés

La chymosine hydrolyse la caséine, et possède une double activité :

- une activité élevée sur la caséine Kappa qui conduit à la déstabilisation micellaire au cours de la phase de coagulation,

- une activité faible de protéolyse générale sur les différentes fractions caséiniques qui intervient essentiellement pendant l'affinage du fromage.

Comme toutes les enzymes, l'activité protéolytique de la présure est fortement influencée par les facteurs de milieu qui conditionnent à la fois l'état du substrat et son environnement : la mesure du temps de flocculation permet de mettre en évidence ces interactions (figure 7).

- Influence du pH

Le pH optimum d'activité coagulante de la présure sur le lait est voisin de 5,5. Au pH du lait frais (pH 6,65), l'activité est modérée. En fromagerie, on a intérêt à acidifier le lait jusqu'à pH 6,4 – 6,5 ; l'activité croît sensiblement, mais cette baisse de pH n'est pas compatible avec tous les types de fabrication, notamment celle des fromages à pâte cuite.

- Influence de la température

La température optimum d'activité de la présure se situe à 40–42° C ; en dessous de 20° C, l'activité devient faible. L'inactivation thermique totale de l'enzyme se produit à 65° C.

En fromagerie classique, les températures du lait au moment de l'emprésurage se situent dans la fourchette 20–40° C, et le plus souvent entre 30 et 35° C ; dans cette gamme, des variations faibles de température influencent beaucoup la vitesse de coagulation. Le technicien peut maîtriser facilement, par un contrôle strict de la température, la vitesse et l'importance de l'action de la présure.

- Influence de la concentration en présure

Il existe une règle approximative de proportionnalité entre la dose de présure et l'inverse du temps de flocculation : plus la dose est forte, plus le temps est court.

- Influence de la concentration en calcium

La présence d'ions  $\text{Ca}^{++}$  est indispensable au déroulement de la phase secondaire. Toute cause susceptible de faire baisser la teneur de ces ions dans le lait entrave la coagulation; ces causes peuvent être :

- naturelles : il existe des laits dits "lents", très pauvres en calcium, dont le rapport  $\frac{\text{Calcium}}{\text{Azote}}$  est inférieur à 0,20 (dans un lait normal ce rapport est égal à 0,23) ;
- artificielles : un traitement thermique sévère insolubilise le calcium ; il est nécessaire de restaurer la charge en ions calciques par un rapport de  $\text{CaCl}_2$  lorsque ces laits sont destinés à être coagulés par la présure. L'apport de calcium soluble modifie des équilibres salins vers les formes insolubles, la taille des micelles croît par incorporation de phosphate colloïdal et compense la réduction de la dimension des micelles consécutive à l'insolubilisation des sels par traitement thermique.

L'addition de  $\text{CaCl}_2$  provoque en outre une légère baisse de pH favorable à l'action présure. Ce phénomène résulte d'un échange entre ions  $\text{H}^+$  fixés sur les protéines et le calcium incorporé.

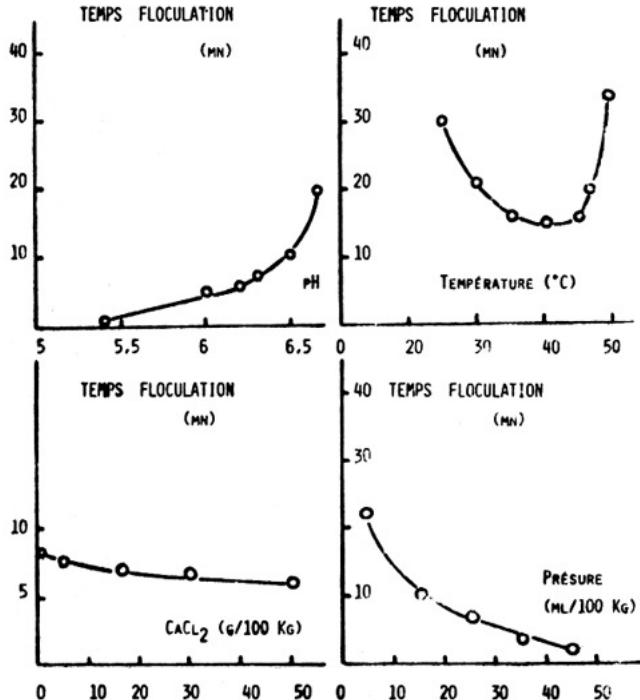


Fig. 7 - INFLUENCE DE LA VARIATION DES FACTEURS DE MILIEU SUR LA COAGULATION DU LAIT PAR LA PRESURE (D'après RAMET, 1976)

- Influence du chlorure de sodium

L'apport de chlorure de sodium dans le lait est une pratique observée dans plusieurs pays du bassin Méditerranéen (Grèce, Egypte, Malte) pour préserver le lait d'une altération rapide par voie microbienne. La

transformation ultérieure de ce lait en fromage est perturbée et se traduit par un retard à la coagulation qui se manifeste notamment aux concentrations en sel supérieur à 1 %. Ce phénomène résulte à la fois des protéines micellaires et de celles de l'enzyme en raison de l'effet dissociant du sodium.

Aux concentrations salines faibles, l'activité enzymatique est légèrement accrue, et le temps de flocculation réduit.

Le raffermissement du coagulum est également ralenti en présence du sel (figure 8).

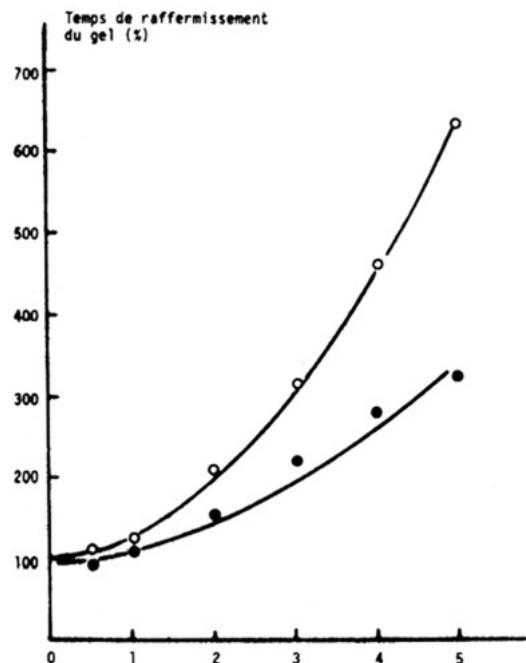


Fig. 8 - INFLUENCE DU SALAGE DU LAIT SUR LE TEMPS DE RAFFERMISSEMENT DU GEL. INDICE 100 =  
D:/cd3wddvd/NoExe/.../meister10.htm

- sans correction de pH après apport
- de sel
- avec correction du pH après apport  
de sel

(D'après RAMET J.P., EL MAYDA E., 1981)

Globalement, le salage du lait, sauf aux très faibles concentrations, est donc à éviter du point de vue de la transformation en fromage.

#### - Influence du "passé thermique" du lait

Les variations de température auxquelles a été soumis le lait avant l'addition de présure modifient son aptitude à la coagulation ; les effets du refroidissement et de la pasteurisation au niveau de ses constituants sont importants :

#### - Refroidissement

Le refroidissement du lait entraîne une solubilisation de la caséine, notamment de la fraction  $\beta$  et un accroissement de la couche d'eau liée. La stabilité de la micelle s'en trouve accrue, il s'ensuit que l'action de la présure est défavorisée.

Lors de la conservation à basse température du lait à la ferme ou à l'usine, ces phénomènes interviennent ; dans les conditions industrielles, ils sont irréversibles et peuvent expliquer les prolongations des temps de prise observées avec ces laits en fromagerie.

#### - Chauffage

Si le traitement thermique est modéré ( $\leq 60^\circ \text{C}$ ), les équilibres salins se modifient, les formes insolubles du

phosphate colloïdal augmentent, la taille de la micelle croît. Il s'ensuit une baisse de sa stabilité favorisant l'action de la présure. Cet effet est réversible par refroidissement par le jeu normal des équilibres entre formes solubles et insolubles.

Un traitement thermique sévère entraîne quatre modifications principales :

- Une insolubilisation des formes solubles du calcium;
- Une augmentation de la dispersion des micelles;
- La formation d'un complexe entre  $\beta$  lactoglobuline et la caséine Kappa. Ce Complexe a un effet protecteur sur la micelle envers l'action présure;
- Une réduction du degré d'hydratation de la micelle d'où baisse de stabilité.

Les trois premiers effets sont défavorables à l'action présure, le quatrième a un effet contraire. La résultante des quatre effets diminue l'aptitude à la coagulation des laits chauffés par rapport à celle des laits crus.

#### - Effet de la concentration de la matière sèche du lait

La concentration du lait effectuée préalablement à l'emprésurage a pour but de retirer une partie plus ou moins importante de la phase aqueuse.

L'équilibre initial entre formes solubles et formes insolubles se trouve modifié, il en résulte une augmentation des formes colloïdales "insolubles" du phosphate de calcium et de la caséine d'où accroissement de la taille des micelles. Parallèlement, le pH du concentré baisse par suite de l'augmentation relative de la concentration en ions  $H^+$ . De plus, le degré d'hydratation des micelles diminue.

Ce triple effet diminue la stabilité des micelles. La coagulation par la présure est favorisée.

La modification des équilibres est lentement réversible après redilution du lait ; les délais technologiques observés dans les procédés continus sont trop courts pour qu'ils se rétablissent ; on bénéficie ainsi d'un rendement fromager plus élevé consécutif à la récupération des constituants primitivement à l'état soluble dans le lait normal.

### III.1.1.3.2.1.2. Autres protéases coagulantes d'origine animale

Plusieurs protéases d'origine animale ont fait l'objet d'expérimentation en vue d'une utilisation potentielle en industrie fromagère.

La trypsine et la chymotrypsine entraînent des modifications profondes des modalités de fabrication et de la qualité des produits finis consécutives à la forte activité protéolytique. Ces enzymes ne sont pas utilisées au plan industriel.

Seules les pepsines porcines et bovines présentent un intérêt industriel.

L'utilisation de pepsine porcine a débuté pendant la seconde guerre mondiale, mais ne s'est développée réellement que depuis 1960. C'est une protéase à caractère plus acide que la chymosine, son activité est bonne en milieu acide, mais décroît fortement au-dessus du pH 6,3 ; au pH du lait frais, la coagulation n'apparaît pas.

Divers traitements de corrections (augmentation du temps de maturation, de la concentration en  $\text{CaCl}_2$ ) permettent de compenser partiellement cette aptitude coagulante réduite pour la fabrication de fromages à pâtes molles et pâtes pressées non cuites. Ces méthodes ne sont pas applicables aux pâtes cuites.

Mélangée à la présure, la pepsine porcine apparaît être d'une utilisation plus large, notamment dans les pays anglosaxons pour la fabrication de fromages acides.

La pepsine bovine est un des constituants mineurs normaux de la présure, mais dont la sécrétion devient prépondérante après sevrage.

La pepsine bovine apparaît très voisine de la présure et son activité est moins dépendante du pH que celle de la pepsine porcine.

La pepsine du poulet a été également expérimentée avec succès en Israël pour la fabrication de fromages locaux.

Certains succédanés d'origine animale peuvent donc être considérés comme des produits de remplacement acceptables de la présure de veau ; il convient toutefois de remarquer que, comme pour l'élaboration de la présure, leur disponibilité reste tributaire du marché de la viande.

### III.1.1.3.2.2. Les enzymes coagulantes d'origine végétale

On connaît de très nombreuses préparations coagulantes provenant du règne végétal ; elles sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieures. Parmi les espèces européennes, on peut citer le gaillet, l'artichaut, le chardon qui ont été et (ou) sont encore utilisés dans des fabrications de fromages fermiers, en particulier dans l'ouest du bassin Méditerranéen (Espagne).

D'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicales : les plus connus sont les ficines, extraites du latex du figuier, la papaine, extraite des feuilles du papayer, la bromélaïne, extraite de l'ananas.

D'une façon générale, ces diverses préparations végétales ont donné des résultats assez décevants en fromagerie car elles possèdent le plus souvent une activité protéolytique très élevée, qui se traduit par l'apparition des inconvénients technologiques majeurs précédemment signalés.

L'activité coagulante est d'autre part très variable car elle est fortement influencée par l'état de maturité de la plante et par les conditions de collecte et de stockage. De ce fait, l'emploi de ces protéases coagulantes est toujours resté limité aux aires locales de production.

### III.1.1.3.2.3. Les enzymes coagulantes d'origine microbienne

Depuis une trentaine d'années, une puissante industrie de transformation s'est développée dans le monde ; elle produit des substances variées, dont une grande quantité d'enzymes qui trouvent de nombreuses applications dans des secteurs industriels variés, et en particulier des protéases susceptibles de coaguler le lait.

Des protéases d'origine bactérienne provenant de cultures en fermenteurs de Bacilles et de Pseudomonas ont donné en général des résultats décevants en raison de leur activité protéolytique généralement très élevée : aussi l'utilisation de ces enzymes bactériennes n'a pas dépassé le stade expérimental; aucune préparation n'est

commercialisée.

Les enzymes d'origine fongique, au contraire, ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure (Pa) ; plusieurs préparations sont déjà commercialisées sur le marché international et utilisées à plus ou moins grande échelle selon les pays.

Ces préparations proviennent de trois genres de moisissures : *Endothia parasitica* (E.p.), *Mucor pusillus* (M.p.), *Mucor miehei* (M.m.).

L'aptitude fromagère et les propriétés biochimiques de ces préparations enzymatiques ont été étudiées. Ces travaux ont révélé des différences de comportement plus ou moins marquées entre les enzymes considérées en ce qui concerne :

- La sensibilité aux variations de différents facteurs de milieu : pH, température, concentration en ions  $\text{Ca}^{++}$  du lait.

Ordre de sensibilité	Température	pH	Ca
1 (la plus sensible)	Mm	Mp	Mp
2	Mp	Pa Mm	Mm
3	Pa		Pa
4 (la moins sensible)	Ep	Ep	Ep

- L'activité protéolytique qui est d'intensité et de spécificité variables selon l'enzyme considérée :

Caséine

Ep	+++	++	+
----	-----	----	---

Mp	++	++	++
Mm	++	+	++
Présure	++	+	++

- La thermorésistance qui est plus élevée pour l'enzyme Mm et Mp que pour la présure, l'enzyme Ep apparaît plus thermolabile.

Ces caractéristiques induisent des modalités de fabrication différentes de celles observées en présence de présure, il y a donc lieu d'adapter les procédés à la spécificité de l'enzyme utilisée.

### III.1.1.3.3. Propriétés du coagulum obtenu par voie enzymatique

Au-delà du point de flocculation, la courbe de raffermissement du gel présente une forme sigmoïde (en S), très caractéristique de l'évolution d'un type de phénomène, résultant de deux réactions contraires. En ce sens, l'évolution de la rigidité du gel apparaît être la résultante de la réaction d'agrégation et de celle de déstructuration des protéines par la protéolyse générale de l'enzyme coagulante (figure 6).

Il convient en particulier de noter que le comportement rhéologique du gel est différent selon le type d'enzyme coagulante utilisée ; aussi, par exemple, avec les enzymes d'origine fongique, le raffermissement du gel est plus lent dans les minutes qui suivent le point de flocculation visible qu'avec la présure, mais ultérieurement il devient plus rapide et parfois plus important ; l'activité protéolytique propre à chacune des protéases utilisées permet d'expliquer cette évolution.

Les gels formés par voie enzymatique possèdent des propriétés rhéologiques caractéristiques : ils sont élastiques et peu friables ; leur raffermissement est rapide et important par comparaison au gel lactique (figure 9). Leur porosité est bonne, mais leur imperméabilité est forte.

Leur aptitude à l'égouttage est prononcée sous réserve de rompre leur imperméabilité caractéristique par des traitements physiques et chimiques adéquats, pendant la phase d'égouttage.

En pratique fromagère, le suivi de l'évolution de la fermeté est très important dans la mesure où il intervient dans

## la détermination du déclenchement des opérations d'égouttage.

En effet, commencé prématûrement sur un gel insuffisamment structuré, l'égouttage se traduit par une perte importante de matière sèche, sous forme de petites particules de gel ou poussières. Ces "fines" ne sont pas récupérables par l'effet de filtre exercé par l'application des méthodes classiques de moulage, et sont éliminées avec le lactosérum. A l'inverse, un égouttage intervenant tardivement réduit les risques de pertes de matière sèche au lactosérum, mais entraîne à la fois une perte de temps et un risque d'excès d'acidification du coagulum préjudiciable à la qualité ultérieure de l'égouttage, et à celle du fromage. Il existe donc pour un type de fromage donné un moment idéal caractéristique où la fermeté du gel permet d'obtenir le produit dans les conditions optima, et qui est défini par le temps de tranchage ou temps de coagulation total. Ce temps est défini par la durée séparant le moment où l'enzyme a été ajoutée au lait et celui où débute l'égouttage.

### III.2. - L'EGOUTTAGE

L'égouttage constitue la deuxième phase de la fabrication fromagère ; il a pour but la séparation d'un substrat, composé de certaines éléments du lait, qui sera ultérieurement soumis à l'affinage; il s'agit donc d'une phase essentielle qui conditionne directement la composition du fromage et son devenir au cours de l'affinage.

Macroscopiquement, l'égouttage se traduit par une élimination importante de lactosérum et s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement du gel. Bien que la plus grande partie de l'eau constitutive du lait soit éliminée lors de l'égouttage, ce dernier n'est pas une simple déshydratation; la plus grande partie des éléments solubles du lait (lactose -sels minéraux) et quelques fractions insolubles mineures (azote - matière grasse) sont en effet expulsés du gel conjointement à l'eau. A l'opposé, la presque totalité de la caséine et de la matière grasse se retrouve dans le fromage sous forme plus ou moins concentrée en fonction de la teneur en lactosérum résiduel. Quantitativement, la matière sèche d'un litre de lait de vache égale à 125 g/1 se trouve ainsi répartie pour moitié dans le fromage, l'autre moitié se retrouvant dans le lactosérum. Cette répartition des composants du lait lors de l'égouttage est sensiblement constante pour un type de fromage donné ; elle se définit en pratique fromagère par la notion de rendement fromager.

Le plus souvent, le rendement fromager correspond à un poids de fromage fabriqué à partir d'une quantité connue de lait, et rapporté à 100 l ou 100 kg de matière première.

Le rendement en poids est évidemment plus élevé pour les fromages humides que pour les fromages secs ; les valeurs moyennes indicatives pour les différentes catégories de fromages faits à partir de lait de vache sont les suivantes :

- Pâtes fraîches      25–35 kg
- Pâtes molles      12–14 kg
- Pâtes pressées      8–12 kg
- Pâtes dures      6–8 kg

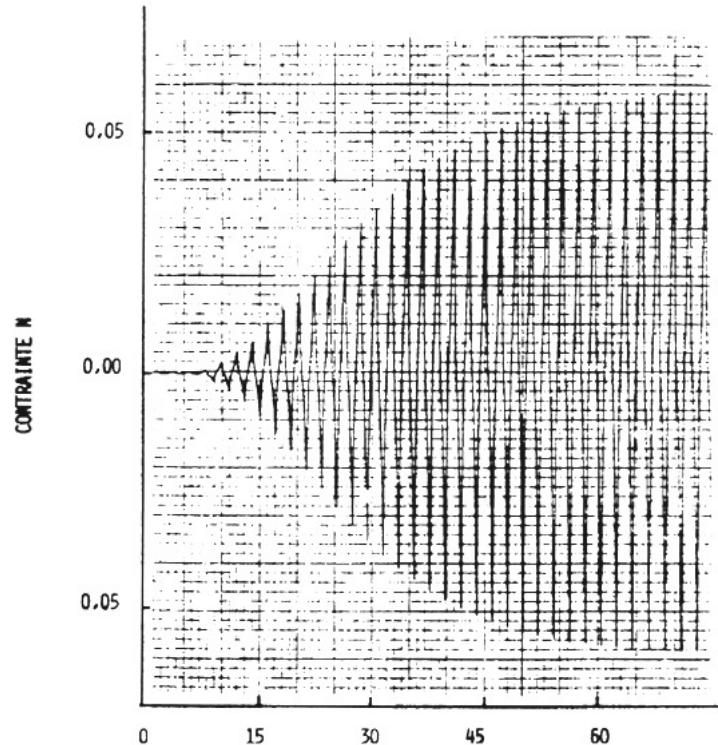


Fig. 9 - EVOLUTION DE LA RIGIDITE D'UN COAGULUM LACTE OBTENU PAR VOIE ENZYMATIQUE  
(D'après RAMET et coll., 1982)

Cette notion du rendement fromager présente un grand intérêt pratique car il reflète globalement comment a été réalisée la répartition quantitative des constituants du lait lors de l'égouttage ; elle permet de juger pour un type de fromage donné si la fabrication a été conduite dans de bonnes conditions; toutefois, la comparaison de

valeurs obtenues par rapport au standard implique que la teneur en matière sèche des fromages soit la même. Cette identité est rare en pratique, aussi est-il préférable de substituer à la notion de rendement en poids total de fromages celle de rendement en poids sec qui permet de comparer des produits à teneur en eau différente. La détermination du rendement en poids sec nécessite de connaître la teneur en matière sèche du fromage, aussi son usage est-il moins répandu notamment dans les petites unités de fabrication ; il se détermine facilement en appliquant la relation :

Rendement en poids sec = Poids total de fromages × teneur en matière sèche totale du fromage.

En toute logique, pour apprécier avec rigueur le rendement fromager, il conviendrait également de dresser de la même manière que pour le fromage le bilan en matière sèche totale du lactosérum, soit le produit :

Poids de lactosérum x teneur en matière sèche ;

cette valeur ajoutée à celle du rendement fromager en poids sec devrait coïncider avec le poids total de matière sèche contenue dans la totalité du lait transformé. En réalité, une telle concordance est difficile à réaliser en pratique, en raison notamment de l'impossibilité de mesurer exactement la quantité de lactosérum écoulé, des fractions non négligeables de ce dernier étant perdues par évaporation, par imbibition et par mouillage des matériels et supports d'égouttage, de peser la totalité des fromages fabriqués. Cette démarche très fine, bien que seule rigoureuse pour apprécier un rendement, ne peut être conduite à bonne fin qu'au plan du laboratoire ou/et à celui de l'atelier pilote.

Le rendement fromager est une variable qui est influencée par de nombreux facteurs inhérents à la fois à la qualité du lait et aux modalités de la transformation en fromage. D'une manière générale, toute altération du lait par voie microbienne et enzymatique se traduit par une solubilisation des protéines et une dégradation de la matière grasse qui diminuent la quantité de matière sèche récupérable dans le fromage. L'utilisation de laits fortement contaminés en micro-organismes à la suite de pratiques non hygiéniques lors de la traite ou de conservation de longue durée à la température propice au développement microbien sont donc à éviter et il y a lieu dans la plupart des cas de transformer le lait en fromage aussitôt après la récolte. Par ailleurs, parmi les traitements appliqués au lait au cours de la fabrication, il ressort que toute opération de nature physique (pompage-agitation - tranchage - pressage) pratiquée trop brutalement engendre une pulvérisation des

structures du lait (micelles - globules gras) à l'état liquide et à l'état de gel. En ce sens, le coagulum doit être toujours traité avec les plus grandes précautions en raison de sa friabilité caractéristique ; les fines particules résultant d'une fragmentation excessive du gel ne sont pas récupérables par les moyens habituellement utilisés en fromagerie, elles se retrouvent dans le lactosérum et augmentent d'autant les pertes en matière sèche. Seules des techniques sophistiquées de séparation (filtration sur tamis rotatifcentrifugation) permettent de les isoler, mais ces procédés sont envisageables uniquement au niveau de fromageries importantes et non de petites unités. La friabilité est, d'autre part, dépendante de facteurs technologiques variés : un excès d'acidification, une activité protéolytique élevée accroissent les pertes dans le lactosérum, un lait fortement chauffé donne un gel manquant de cohésion.

### III.2.1. Mécanismes de l'égouttage

Malgré son apparence simplicité, l'égouttage est un phénomène complexe dont les mécanismes sont encore peu connus. Cette situation résulte principalement des difficultés de l'expérimentation liées au caractère très fragile du gel qui limite les possibilités de mesures répétitives car souvent destructives ainsi que de la multiplicité des facteurs et des interactions qui conditionnent la séparation du lactosérum. De ce fait, les études fondamentales réalisées dans ce domaine sont assez rares.

Il est toutefois généralement admis que le phénomène dans sa globalité résulte à la fois d'un processus actif correspondant à un pouvoir de contraction du gel appelé synérèse et d'un processus passif résultant de la porosité et de la perméabilité du coagulum. La synérèse est une propriété que l'on rencontre dans plusieurs milieux d'origine biologique et qui se traduit par l'expulsion active d'une partie de la phase dispersante. Pour le lait, cette propriété résulte principalement de sa composition particulière riche en caséine, toutefois en raison de l'aptitude très différente des gels à l'égouttage induite par le mode de coagulation, il apparaît que la structure du gel, et notamment les modalités d'association de la caséine, ont un rôle déterminant. Ainsi il a été montré que les gels pouvaient présenter des micelles associées en amas, cette structure est caractéristique des coagulations obtenues par voie acide; ils s'égouttent spontanément mais lentement et incomplètement. Au contraire, dans les laits gélifiés par voie enzymatique, les micelles sont associées en réseau et délimitent des vacuoles qui retiennent le lactosérum ; l'aptitude à l'égouttage spontané de ces gels est faible, par contre par des actions physiques et chimiques adéquates, il est possible de provoquer une rapide et importante expulsion de lactosérum

quantitativement supérieure à celle provenant d'un gel acide.

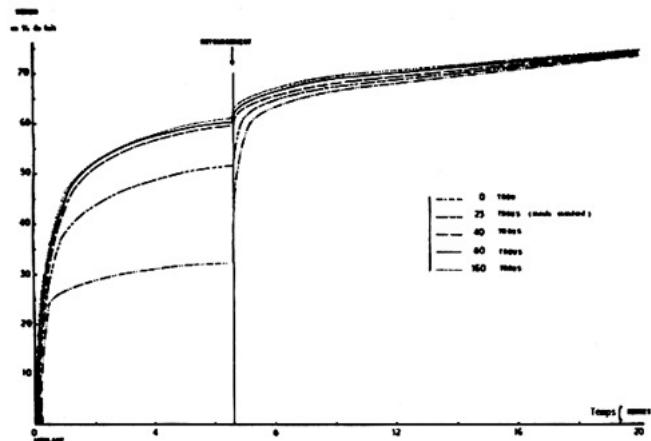
Il convient en outre de souligner que les gels de fromagerie sont le siège de phénomènes dynamiques, en particulier d'une réaction enzymatique dominante déclenchée par apport d'enzyme coagulante et d'un processus fermentaire entretenu par les bactéries lactiques ; les liaisons inter et intramicellaires ne sont donc pas quantitativement et qualitativement figées dans le temps, mais évolutives. Ainsi l'aptitude à la synérèse est étroitement tributaire des réarrangements de l'état micellaire originel consécutifs aux destructurations par protéolyse et acidification et à l'établissement de liaisons nouvelles apparaissant après gélification ; en ce sens l'établissement progressif de ponts de plus en plus rigides est caractéristique de l'avancement de l'égouttage (liaisons calcium - liaisons hydrogène - ponts disulfure). Ceci explique également qu'à partir d'un milieu de composition sensiblement constante qu'est le lait, il est possible par le jeu de l'équilibre de ces réactions, initiées dès le début de la coagulation, d'aboutir à des produits finis aussi différents et variés que sont les fromages, mais que le devenir du gel est conditionné irréversiblement avant la phase d'égouttage et qu'il n'est pas possible ultérieurement d'en rectifier fondamentalement l'évolution, seules des corrections mineures sont permises.

L'aptitude du gel à évacuer le lactosérum est liée à deux de ses propriétés physiques particulières : la porosité et la perméabilité ; ces dernières résultent de la structure discontinue du milieu constitué de particules élémentaires séparées par des espaces interstitiels.

La porosité, définie par le volume relatif des pores interstitiels, décroît apparemment au cours de l'égouttage par simple effet de tassement du gel. La perméabilité qui correspond à l'aptitude du gel à se laisser traverser par le lactosérum, diminue également pour la même raison. Toutefois, le comportement poreux et perméable du coagulum, bien qu'il puisse paraître évident au plan de la pratique fromagère et ait été partiellement démontré au plan expérimental, reste encore à préciser au plan fondamental et beaucoup d'hypothèses avancées par analogie aux propriétés d'autres milieux méritent confirmation ; l'incidence sur la porosité et la perméabilité des différents facteurs de milieu évoluant en cours d'égouttage reste, en particulier, à quantifier.

L'approche mathématique des lois de l'égouttage est délicate en raison de la difficulté de maîtriser totalement tous les facteurs physico-chimiques régissant ce phénomène et de la diversité des méthodes utilisées ; aussi n'a-t-elle été abordée que par de rares auteurs ; leurs conclusions s'accordent pour montrer que l'égouttage suit

généralement une loi de type exponentiel, toutefois lorsque l'égouttage est réalisé dans les contenants habituellement utilisés en fromagerie (moules -toiles - stores), la superposition des courbes expérimentales et de la courbe théorique est limitée aux premières minutes de l'égouttage. Ultérieurement la valeur des points théoriques devient supérieure à celle des points observés et traduit un ralentissement de l'évacuation du sérum consécutif à un colmatage progressif des supports filtrants. L'exsudation du lactosérum d'un coagulum placé dans un contenant résulte donc à la fois de la synéthèse proprement dite, mais également de la capacité d'évacuation du lactosérum hors du coagulum proprement dit, et de celle liée à la nature du support, ceux-ci se comportant comme une filtre dont le rendement diminue avec le temps (figure 10).



**Figure 10 : INFLUENCE DU NOMBRE DE PERFORATIONS DES MOULES SUR L'EGOUTTAGE D'UN COAGULUM OBTENU PAR VOIE ENZYMATIQUE (D'après WEBER, 1976)**

La composition du lait intervient de manière importante dans les phénomènes d'égouttage.

La matière grasse ne participe pas à la formation du coagulum ; elle y est emprisonnée de manière inerte.

Lorsque le taux de matière grasse et son degré de dispersion augmentent, l'égouttage est ralenti. Une petite fraction de la matière grasse du lait est entraînée avec le lactosérum ; ces pertes s'accroissent avec la richesse du lait en matière grasse et avec l'intensité du travail mécanique avant et après coagulation.

L'augmentation du taux de protéines du lait a un effet négatif sur l'égouttage, mais leurs différentes fractions interviennent très différemment : la caséine ralentit faiblement la synérèse, les protéines solubles dénaturées par traitement thermique la diminuent considérablement.

Il y a lieu, en effet, de rappeler l'incidence particulière du traitement thermique du lait sur les rendements fromagers. On sait, en effet, qu'un chauffage du lait s'accompagne d'une précipitation des protéines solubles du lait d'autant plus importante que la température et que la durée du traitement sont élevées. De ce fait, la fraction protéique insolubilisée est récupérée dans le fromage alors que sans traitement thermique préalable du lait elle est éliminée presque totalement dans le lactosérum. Le diagramme de la figure 11 traduit l'importance de la réaction pour diverses conditions de chauffage. Il convient de remarquer que même dans les conditions de chauffage les plus sévères pratiquées en fromagerie - qui correspondent à celle d'une pasteurisation haute ( $T = 85^\circ C$ ,  $t = 60$  à  $120$  s) -, le pourcentage de protéines récupérables reste limité à 20 % – 30% de la masse totale.

Dans l'optique unique d'améliorer le rendement, un traitement thermique plus énergique du lait apparaît donc nécessaire. En fait, cette pratique présente des inconvénients majeurs qui en interdisent l'emploi: un chauffage intense altère la couleur du lait par le développement de réactions du brunissement non enzymatique et sa saveur par apparition d'une odeur et d'un goût de cuit ; il s'ensuit une dépréciation similaire de la qualité organoleptique du fromage. Un autre écueil technologique consécutif au chauffage réside dans le caractère très hydrophile des protéines précipitées ; celles-ci fixent l'eau contenue dans le coagulum et diminuent l'aptitude à l'égouttage. Pour chaque type de produit, il est donc possible de pratiquer un chauffage préalable du lait mais qui devra être limité et compatible avec la teneur en matière sèche souhaitée dans le fromage. Aussi pour les fromages à pâte dure et certains fromages à pâte pressée, une simple thermisation ( $T = 65^\circ C$ ,  $t = 15$  à  $30$  s) est tolérable, au-delà de ce seuil une précipitation, même mineure des protéines solubles, réduit l'égouttage et produit des fromages trop humides. Pour les fromages à pâte pressée non cuite et pour les fromages à pâte molle, une pasteurisation basse ( $T = 72$ – $76^\circ C$ ,  $t = 15$ – $30$  s)- peut être envisagée. Pour les fromages frais caractérisés par une humidité

importante, une pasteurisation haute ( $T = 85\text{--}90^\circ \text{C}$ ,  $t = 60\text{--}120 \text{ s}$ ) est praticable sans incidence négative sur la séparation du lactosérum. De la même manière, le chauffage prolongé du lait à une température proche de l'ébullition, qui est parfois observé en fabrication fermière pour la totalité ou une fraction du lait transformé, doit être pratiqué avec mesure de manière à ne pas entraîner des défauts ultérieurs d'égouttage du fromage.

### III.2.2. Modalités de l'égouttage

L'égouttage spontané d'un coagulum lacté est toujours très lent et se déroule sur plusieurs jours ; d'autre part il est toujours limité en intensité et ne permet pas d'obtenir pour le fromage des teneurs moyennes ou élevées en matière sèche. Enfin l'égouttage, pour une masse de coagulum de dimensions données, est souvent hétérogène, les zones externes étant généralement plus déshydratées que la zone centrale. En conséquence la technologie fromagère utilise divers traitements destinés à la fois à accélérer, à intensifier et à régulariser le processus d'évolution naturel.

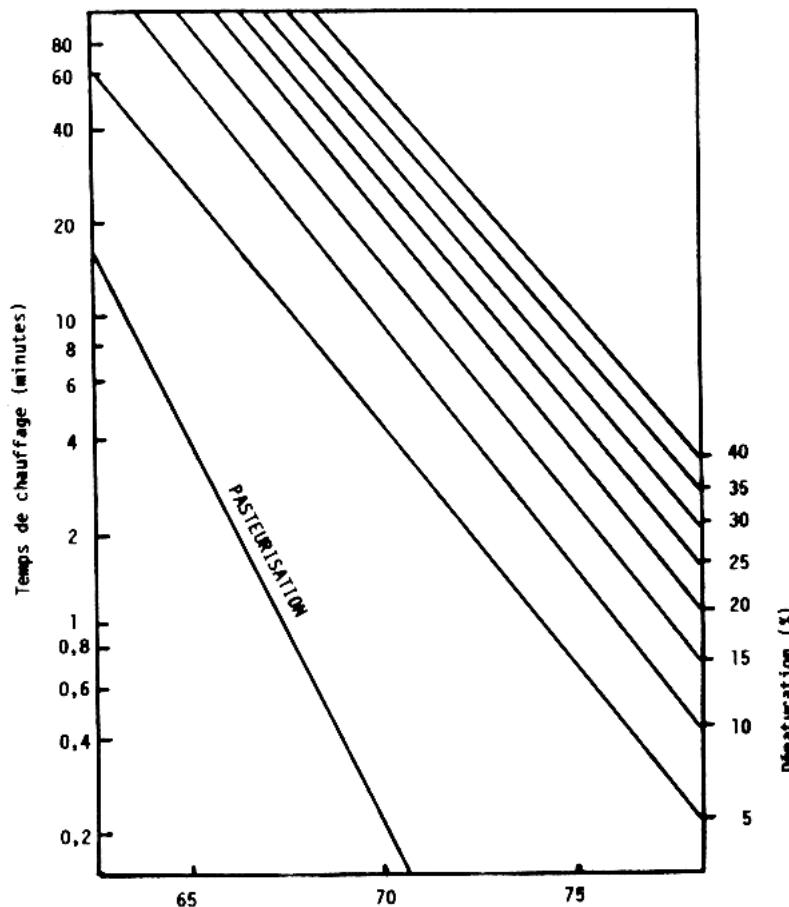


Fig. 11 - DENATURATION THERMIQUE DES PROTEINES DU SERUM DANS LE LAIT ECREME (d'après HARLAND et al., 1952)

Le nombre et l'intensité de ces opérations augmentent avec la teneur en matière sèche recherchée dans le fromage ; elles se répartissent comme suit selon les catégories de fromages.

Traitements	Tranchage	Brassage	Chauffage	Pressage
Pâtes fraîches	±			±
Pâtes molles	++			++
Pâtes pressées non cuites	++++	++		++
Pâtes pressées cuites	++++	+++	+++	+++
Pâtes dures	+++++	+++	++++	+++

Intensité du traitement :

+ faible

++ modérée

+++ énergique

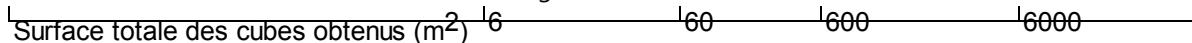
++++ intense

+++++ très intense.

### III.2.2.1. Tranchage

Le tranchage consiste à couper le gel en portions égales afin d'accroître la surface d'exsudation du lactosérum. L'incidence du tranchage sur l'égouttage est considérable et représente le facteur ayant le plus d'effet sur les modalités de la séparation du lactosérum ; une approche théorique montre que la surface cumulée de grains cubiques, obtenus par tranchage régulier d'un mètre cube de gel, augmente exponentiellement avec la dimension de l'arête comme il suit :

Dimension de l'arête (cm)	100	10	1	0,1
---------------------------	-----	----	---	-----



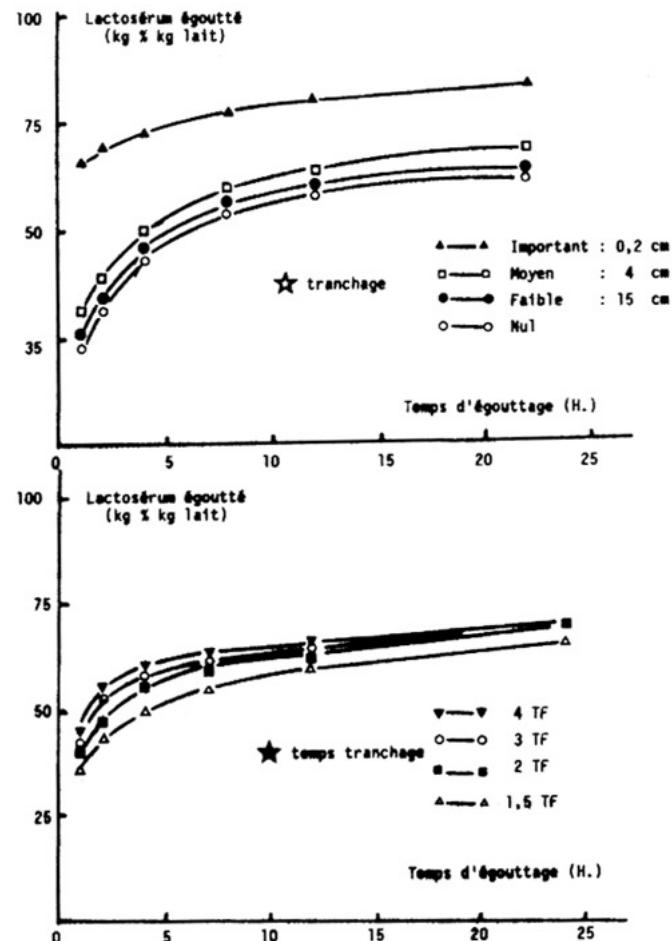
Surface totale des cubes obtenus ( $m^2$ )

D'une manière similaire, le tranchage différentiel d'un gel de lait obtenu dans des conditions rigoureusement identiques révèle que l'égouttage évolue plus rapidement et plus intensément pour les coagulums les plus divisés avant moulage (figure 12).

Ces données impliquent que pour parvenir à un degré d'égouttage défini, il convient à la fois de réaliser le tranchage à la dimension requise et ce d'une manière régulière pour l'ensemble des grains obtenus.

Le moment où intervient le tranchage influence également l'allure de l'égouttage (fig. 12) ; ainsi que nous l'avons vu précédemment, le gel doit être suffisamment ferme et structuré pour éviter sa pulvérisation en fines particules ; toutefois, plus l'égouttage doit être prononcé, plus le tranchage doit intervenir tôt afin de prévenir une diminution de l'aptitude à la synérèse consécutive au développement de réactions de déstructuration liées principalement à une acidification et une protéolyse excessives. Les limites d'intervention, qui correspondent à un compromis entre ces deux tendances contradictoires, sont de ce fait les plus étroites pour les coagulums obtenus par voie enzymatique dominante ; elles s'élargissent pour les coagulums mixtes et pour ceux à dominance lactique.

## La fromagerie et les variétés de froma...



### Fig. 12 - Influence du tranchage sur l'égouttage du coagulum

- ★ effet de l'importance du tranchage
- ★ effet du moment du tranchage après emprésurage (to)  
(T.F. : temps de flocculation)  
(D'après RAMET, 1978)

Il y a lieu enfin de préciser que le moment opportun du tranchage dépend également de la nature de l'enzyme coagulante utilisée. En effet, le comportement rhéologique des gels obtenus avec les enzymes autres que la présure montre un raffermississement initial du gel plus lent, mais ultérieurement l'évolution devient semblable et parfois plus rapide. Ce facteur doit donc être pris en compte pour optimiser les modalités d'égouttage.

#### III.2.2.2. Brassage

Le brassage consiste à agiter modérément dans le lactosérum les grains de caillé obtenus lors du tranchage, afin de maintenir libres les surfaces d'exsudation créées par le découpage. A l'état statique, ces grains ont une tendance marquée à se ressouder spontanément d'où une inhibition de l'expulsion du lactosérum. Pour les coagulums à prédominance lactique qui possèdent une faible propension à la repolymérisation, le brassage est facultatif et se pratique de manière discontinue. Au contraire, lorsque le caractère présure s'accroît (pâtes pressées et dures), les fragments de gel possèdent une forte tendance à la reprise en masse, le brassage doit être réalisé obligatoirement de manière continue et avec une intensité élevée en raison de leur densité accentuée.

Pendant le brassage, l'expulsion de lactosérum se poursuit, aussi en fixant la durée du traitement il est possible de régler l'importance de l'égouttage.





### **CHAPITRE III PRINCIPES GENERAUX DE FROMAGERIE (suite)**

#### **III.2.2.3. Chauffage**

Les diverses réactions chimiques contribuant à la synérèse sont influencées par la température ; son élévation accroît fortement l'égouttage ; le froid le réduit. En pratique, cette propriété est exploitée pendant l'égouttage des fromages à pâte pressée lors du brassage où peut être réalisée une élévation de température de quelques degrés (+ 1 à 10° C) par rapport à la température d'emprésurage pendant une durée limitée (15 à 30 mn). Pour les pâtes cuites, ce traitement est plus énergique (+ 20 à 25° C) et permet d'obtenir l'extrait sec élevé souhaité.

La montée en température est réalisée le plus souvent en introduisant un fluide chauffant (vapeur - eau chaude) dans la double paroi des cuves de fabrication ; parfois l'élévation de température est obtenue en diluant le mélange grain de caillé - lactosérum à l'aide d'eau chaude.

Cette dilution est réalisée après extraction d'une partie du lactosérum déjà expulsé après le tranchage et un brassage préliminaire à la température d'emprésurage - le volume d'eau chaude ajoutée est généralement égal à celui du sérum extrait soit 10 à 50 % du volume de lait mis en oeuvre. Outre l'élévation de température, l'apport d'eau dilue le lactosérum restant et limite l'acidification ultérieure du gel par abaissement de la teneur en lactose d'où le nom de délactosage encore attribué à cette opération.

Dans tous les cas, la montée en température doit être lente et progressive ; le gradient requis étant de 1°C par 2 mn. En cas d'élévation plus rapide, une pellicule dure et étanche risque de se former à la surface du grain ; elle ralentit la séparation du lactosérum et entrave l'agglomération des grains lors du pressage ultérieur. Par ailleurs, le traitement thermique doit permettre la survie de la flore lactique indispensable à l'acidification corrélative du gel.

#### **III.2.2.4. Pressage**

Le pressage correspond à la dernière opération mécanique de l'égouttage ; il a pour but d'éliminer les dernières portions de sérum intergranulaire et de donner au fromage sa forme définitive. L'intensité de la force exercée varie fortement avec le type de fromage ; pour la majorité des pâtes fraîches et des pâtes molles, il est réduit à l'effet du propre poids du caillé sur lui-même. Parfois un pressage manuel accompagné d'un léger malaxage et un faible pressage mécanique sont exercés sur le gel. En outre un traitement tout à fait particulier, au cours duquel se produit un effet de pressage du fromage, est la centrifugation qui est appliquée pour l'égouttage des fromages frais. En effet, la séparation du lactosérum peut être réalisée quasi instantanément par centrifugation énergique du gel préalablement brassé lorsqu'il existe une différence de densité suffisante entre le fromage et le lactosérum. Des séparateurs adaptés de grande capacité sont très largement utilisés dans l'industrie pour la préparation des fromages frais maigres et de ceux à forte teneur en matière grasse.

La durée et la force appliquée lors du pressage croissent en fonction de l'extrait sec recherché dans le fromage, la force peut être comprise entre quelques grammes/cm<sup>2</sup> pour les fromages humides à plusieurs centaines (200-300 g/cm<sup>2</sup>) pour les fromages les plus secs. Cette force doit être aussi évidemment compatible avec la résistance mécanique des contenants (toiles - moules) utilisés. La durée du pressage peut être limitée à quelques minutes pour un fromage humide, mais se poursuit pendant plusieurs heures (16-24 h) pour les fromages plus secs. Lors du pressage, il est nécessaire pour régulariser à la fois l'égouttage et la forme du fromage de pratiquer des retournements. La fréquence et le nombre des opérations sont relativement constantes pour un type de fromage donné ; ils augmentent en proportion de la teneur en matière sèche souhaitée dans le fromage.

Pour être pleinement efficace, le pressage doit se dérouler dans des conditions d'ambiance définies ; la température doit être compatible avec l'évolution de l'acidification par les bactéries lactiques, avec une bonne plasticité de la pâte et une viscosité adéquate du lactosérum nécessaire respectivement à une mise en forme et à un égouttage satisfaisants du produit ; une température moyenne, 20 - 30°C, permet de concilier ces différentes contraintes. Par ailleurs, une hygrométrie élevée (90-95 %) est nécessaire pour les mêmes raisons, et éviter en particulier dessèchement et collage de la pâte.

### III.2.2.5. Traitement thermique du fromage après égouttage

Pour plusieurs fromages typiques originaires du bassin Méditerranéen, un traitement thermique particulier est réalisé après pressage des grains de fromage. Il consiste à immerger le fromage entier ou ses fragments dans du lactosérum, à l'ébullition, pendant plusieurs minutes jusqu'à obtention d'une température voisine de 100°C au cœur du produit. Cette opération, qui a pour conséquence annexe d'accentuer légèrement l'égouttage, est destinée principalement à modifier la texture du produit, qui devient très compacte et élastique, et à le stabiliser dans des conditions proches de celles d'une très haute pasteurisation. L'aptitude à la conservation de ces fromages à pâte dite "filée", qui est réalisée soit sous pellicules, soit en saumure, est très bonne ; elle peut atteindre plusieurs mois en raison de l'inactivation thermique des micro-organismes et des enzymes contenues dans la pâte.

Le traitement thermique pratiqué ici, à la fin de l'égouttage, ne doit pas être confondu avec le traitement de fonte et de stérilisation qui est réalisé pour les fromages fondu et certains fromages à pâte molle, ces opérations de stabilisation intervenant alors après affinage.

Les traitements physiques précités sont complétés par deux traitements de matière chimique destinés à parfaire l'égouttage : acidification et salage.

### III.2.2.6. Acidification

L'efficacité des traitements mécaniques énumérés précédemment est accrue avec un développement concomitant et équilibré de l'acidification lactique au sein du caogulum. L'acide produit par les bactéries lactiques élimine des liaisons salines, notamment calciques, responsables de la compacité du gel et de son imperméabilité. L'acidification contribue donc à accroître la perméabilité du gel; cette fonction est d'autant plus nécessaire que le gel a été obtenu par voie enzymatique dominante. Toutefois, une acidification excessive affaiblit le pouvoir de synthèse du gel par déstructuration du réseau de caséine formé lors de la coagulation. Pour chaque type de fromage, il convient de réaliser une acidification équilibrée, de manière à obtenir la perméabilisation adéquate du gel tout en gardant une aptitude à la synthèse suffisante.

Il semble que l'abaissement de pH agisse à la fois en diminuant le degré d'hydratation des micelles de caséine et en démasquant certains sites réactionnels favorables à l'établissement de liaisons secondaires, responsables de la contraction. En effet, si la déminéralisation est excessive (pH 4,6), l'égouttage est ralenti à la suite de la

disparition de l'état micellaire.

Conjointement à la séparation du lactosérum, l'acidification conditionne la teneur en minéraux du fromage ; ceux-ci, initialement fixés et insolubilisés sur la micelle, sont éliminés progressivement sous forme de lactates solubles avec le lactosérum. La charge minérale résultant dans le coagulum est une caractéristique essentielle de chaque type de fromage, car elle détermine avec l'état de l'eau directement la cohésion et la plasticité de la pâte.

A titre d'exemple, les teneurs en calcium des principales catégories de fromages sont les suivantes :

	Pâtes fraîches	Pâtes molles	Pâtes pressées	Pâtes dures
Ca % poids	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,1	1,0 – 1,3

La figure 13 illustre par ailleurs l'étroite corrélation entre l'allure de l'acidification et celle de la décalcification pour un fromage de type Camembert.

Un des problèmes majeurs rencontrés en technologie fromagère réside dans la difficulté de maîtriser parfaitement les nombreux paramètres qui influencent la croissance bactérienne et l'acidification, et par voie de conséquence, la perméabilisation et la minéralisation ultérieure du coagulum. En ce sens, il apparaît essentiel de régler entre d'étroites limites propres à chaque type de fromages, non seulement l'intensité et la vitesse d'acidification, mais encore le flux de lactosérum exsudé. En effet, ce flux induit directement la fréquence des combinaisons possibles de l'acide lactique avec les minéraux fixés sur les micelles. Aussi un tranchage important engendre rapidement un flux de sérum peu acide et peu minéralisé ; un tranchage plus tardif produit un sérum plus minéralisé.

Au plan artisanal, l'adéquation entre ces paramètres obtenus plus souvent par la connaissance intuitive issue d'une longue pratique que par des mesures rigoureuses conditionne directement la réussite de la fabrication. Au plan industriel, une difficulté semblable existe, car les techniques actuelles ne permettent pas encore de mesurer par des méthodes instrumentales tous les paramètres utiles et de les intégrer dans un ensemble cohérent, représentant significativement un produit de qualité.

Il convient enfin de souligner que l'acidification détermine directement la valeur du pH du produit en fin

d'égouttage ; la stabilisation du milieu et ses potentialités d'évolution en cours d'affinage sont fixées pendant l'égouttage.

Au plan pratique, la maîtrise de l'acidification est obtenue en réglant :

- l'importance de l'inoculum en bactéries lactiques, par apport de levains. La figure 14 montre l'incidence importante de ce facteur sur la cinétique d'égouttage de plusieurs gels traités par ailleurs dans des conditions identiques;
- l'acidité initiale du lait avant coagulation par maturation dirigée et/ou par apport contrôlé et limité d'acide lactique. La figure 14 illustre l'influence favorable très forte de l'acidité initiale sur l'égouttage ultérieur d'un gel obtenu exclusivement par voie enzymatique ;
- les différents facteurs qui conditionnent la prolifération des bactéries lactiques (voir ci-dessus au chapitre consacré à la coagulation) ; l'ajustement de la température est en ce sens primordial. Facultativement pour certains fromages à pâte pressée non cuite, et quelques pâtes molles, une diminution de la concentration en lactose peut être obtenue par dilution du lactosérum en cours d'égouttage.

### III.2.2.7. Salage

Le salage constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromages à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés ; il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2 %.

## La fromagerie et les variétés de froma...

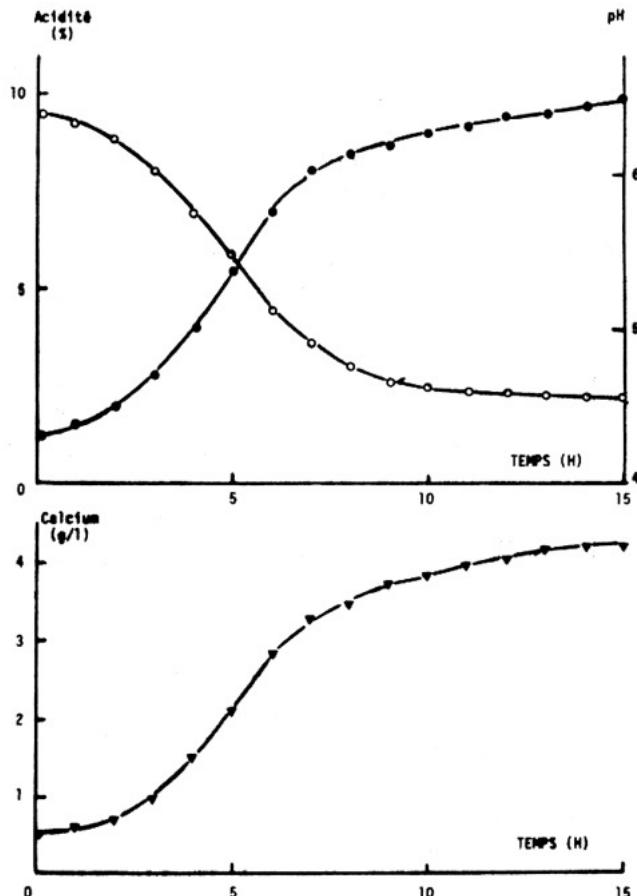


Fig. 13 Evolution de la teneur en acide lactique et en calcium du lactosérum pendant l'égouttage du Camembert (d'après RAMET, 1976)

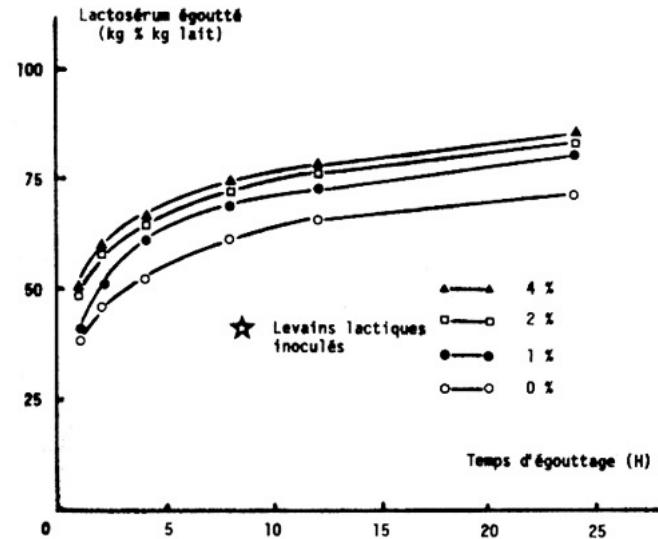
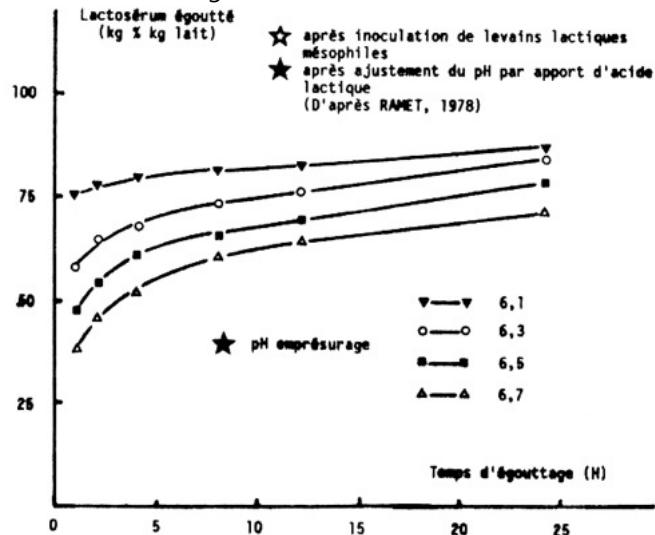


Fig. 14 - Influence de l'acidification du lait sur l'égouttage du coagulum

## La fromagerie et les variétés de froma...

III.2.2.7.1. Objectifs du salage

Malgré une apparente simplicité, les finalités du traitement sont multiples et importantes :

Un premier objectif du salage est de développer la saveur du fromage, un produit non salé est plat ; au contraire, l'incorporation de 1 à 2 % de NaCl relève l'odeur et la saveur, mais peut masquer en même temps certaines composantes organoleptiques indésirables. Au-dessus de 2,5 %, la saveur salée devient dominante, aussi n'existe-t-il que de rares types de fromages qui possèdent une teneur en sel supérieure ; il s'agit soit de fromages à pâte persillée pour lesquels la saveur prononcée s'accommode d'un taux de sel élevé compris entre 3 et 5 %, soit de fromages typiques du bassin Méditerranéen oriental, conservés et affinés en saumure, pour lesquels la teneur en sel s'élève à 7 – 9 %. En raison de leur goût très salé, ces fromages saumurés sont généralement lavés à l'eau avant consommation ou consommés en mélange à d'autres aliments peu salés.

La seconde finalité du salage est d'abaisser l'activité de l'eau du produit. Ce paramètre  $A_w$  définit la disponibilité de l'eau dans un substrat. En effet, les produits alimentaires en général, et en particulier les fromages, sont complexes dans leur composition chimique ; ils renferment le plus souvent une phase solide constituée d'un gel protéique renfermant une émulsion de matière grasse et une phase liquide composée d'un solution aqueuse de lactose, d'acide lactique, de sels minéraux, de protéines solubles. Dans un tel environnement, l'eau n'est pas totalement libre, mais liée au substrat par de multiples interactions : eau de solvatation des petites molécules dissoutes, eau d'hydratation des sucres, des sels, des protéines, eau bloquée physiquement par capillarité, par absorption ; l'eau restante est considérée comme libre ; celle-ci peut intervenir dans les réactions microbiennes, enzymatiques et chimiques susceptibles de transformer le substrat. L'importance de ces interactions se traduit pratiquement par une variation de la pression de vapeur d'eau en équilibre avec le produit par rapport à celle de l'eau pure placée dans les mêmes conditions de température. La mesure de l'humidité relative d'équilibre (H.R.E.) reflète directement cette disponibilité de l'eau et s'exprime par la relation :

$$H.R.E. = \frac{P \times 100}{P_o}$$

où P : pression partielle de vapeur d'eau dans le produit

$P_o$  : pression partielle de vapeur de l'eau pure

ou encore par un coefficient d'activité de l'eau

$$Aw \text{ (Activity Water)} : Aw = \frac{H.R.E.}{100}$$

Il convient de remarquer que les notions d'activité de l'eau et d'hygrométrie sont semblables, car définies toutes deux par rapport à des pressions de vapeur d'eau ; la saturation égale à une hygrométrie de 100 %, correspondant à une Aw de 1.

Tableau 9 INFLUENCE DE L' $A_w$  SUR LES PRINCIPAUX MICRO-ORGANISMES INTERVENANT DANS L'AFFINAGE (d'après STADHOUDERS et LANGEVELD, 1966)

Groupes de micro-organismes	Teneurs en NaCl (g pour 100 ml) avec $\Delta W^*$ correspondants				
	0	5	10	15	20
	0,992	0,975	0,947	0,916	0,880
Moisissures :					
<i>Geotrichum</i>	100	46,9	-	-	-
<i>Mucor mucedo</i>	100	47,4	11,6	-	-
<i>Penicillium candidum</i>	100	80,9	36,4	4,1	1,1
	100	83,3	56,1	28,0	2,8
Microcoques :					
<i>M. lactis</i>	100	45,9	-	-	-
<i>M. saprophyticus</i>	100	96,3	67,2	19,1	-
Levures :					
<i>Torulopsis</i>	100	12,5	-	-	-
<i>Candida</i>	100	17,2	-	-	-
<i>Rhodotorula</i>	100	69,5	21,8	1,0	-
B. coliformes	100	23,4	-	-	-
	100	19,9	-	-	-
Pseudomonas	100	75,2	1,5	-	-
B. linens	100	67,0	30,0	15,6	3,2

Résultats exprimés en % du développement maximum ; les signes - signifient pas de croissance (cultures sur bouillon nutritif).

$$* A_W = \frac{\text{eau disponible}}{\text{eau totale}}$$

Pratiquement l'ajustement de cette mobilité de l'eau revêt une grande importance en technologie alimentaire, car elle conditionne directement l'allure des grands types de réactions susceptibles de transformer le produit, qu'il s'agisse de réactions indésirables conduisant à des altérations ou de réactions souhaitées et dirigées pour améliorer le produit comme celles se déroulant lors de l'affinage des fromages. L'analyse du diagramme qui traduit la sensibilité particulière des réactions au regard de la disponibilité de l'eau révèle que ce sont les réactions de croissance des bactéries, des levures et des moisissures qui sont, dans l'ordre d'importance, les plus influencées par un abaissement mineur de l' $A_{W}$ .

Un des objectifs du salage, en apportant dans le fromage un sel dépresseur de l' $A_{W}$ , est précisément d'abaisser légèrement l' $A_{W}$  de manière à rendre le substrat sélectif, principalement vis-à-vis de la croissance de micro-organismes. En raison d'une répartition souvent inégale du sel, soit temporaire, soit définitive, l'effet sélectif est plus marqué au niveau de la croûte du fromage que dans la masse, de ce fait, il sera possible pour les fromages les plus secs d'inhiber presque totalement toute croissance microbienne, pour les fromages plus humides de sélectionner et de maîtriser cette croissance. Le tableau 9 et la figure 15 illustrent la sensibilité particulière de divers micro-organismes au facteur  $A_{W}$ .

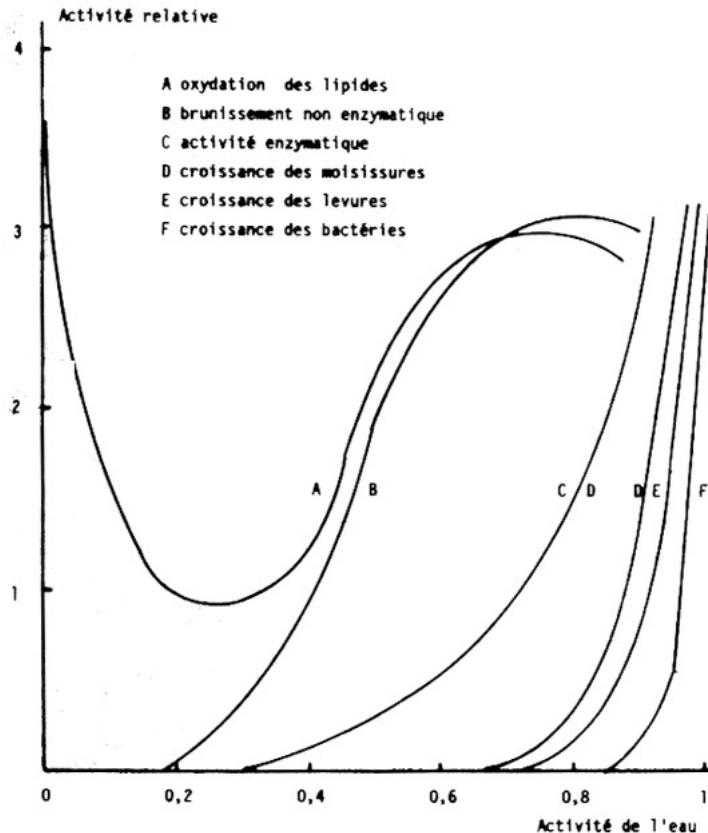


Fig. 15 INFLUENCE DE L'ACTIVITE DE L'EAU SUR LES REACTIONS DE TRANSFORMATION DES ALIMENTS

(D'après VAN DEN BERG et coll., 1981)

Un troisième objectif du salage est la formation de la croûte. Celle-ci, outre son rôle sélectif dans le développement précité des microflores, possède une fonction mécanique essentielle dans la mesure où elle évite toute déformation exagérée du fromage, et le maintient dans une forme définie. La croûte constitue donc un squelette externe vis-à-vis d'une pâte caractérisée par sa plasticité élevée.

Le croûtage créé lors du salage résulte à la fois d'une déshydratation plus prononcée en surface consécutive à une osmose entre la pâte du fromage et le milieu externe porteur de sel, ainsi qu'à un effet tannant du chlorure de sodium sur les protéines. Le rôle de la croûte formée lors du salage est particulièrement important pendant les premiers jours de l'affinage, alors que la déshydratation superficielle, résultant de l'évaporation de l'eau observée pendant le séjour en saloir, n'est pas encore assez marquée pour engendrer une croûte suffisamment cohérente capable de fixer la forme du fromage.

Il convient de remarquer par ailleurs que, du point de vue du rendement fromager et de la valorisation de la matière première, la croûte constitue une perte dans la mesure où l'extrait sec y est plus élevé que la valeur limite inférieure requise par les textes réglementaires (lorsqu'ils existent), et que celle du centre du fromage.

Aussi est-il parfois souhaitable de réaliser des fromages sans croûte ou à croûte fine qui seront alors contenus dans des supports rigides pendant l'affinage. Une autre solution consiste à substituer à des fromages de petites dimensions, où la part de croûte est toujours importante, un fromage de caractéristiques texturales et organoleptiques semblables mais de format plus grand, qui sera débité en portions lors de la vente.

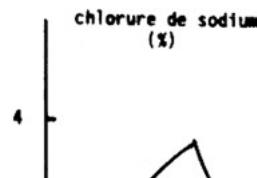
Une dernière fonction de l'opération de salage, mais qui ne découle pas de l'enrichissement en sel, concerne l'abaissement de température du produit qui est observé à l'occasion de ce traitement. Le refroidissement, généralement de l'ordre de 10 à 15° C par rapport à la température d'égouttage (25 – 30° C), entraîne un raffermissement de la pâte et assure une transition thermique adaptée vers les conditions d'ambiance de l'affinage. Par ailleurs, la baisse de température ralentit le développement des bactéries lactiques et stabilise l'acidification. Ces conséquences secondaires sont essentielles pour le devenir du fromage en cours d'affinage.

### III.2.2.7.2. Mécanismes du salage du fromage

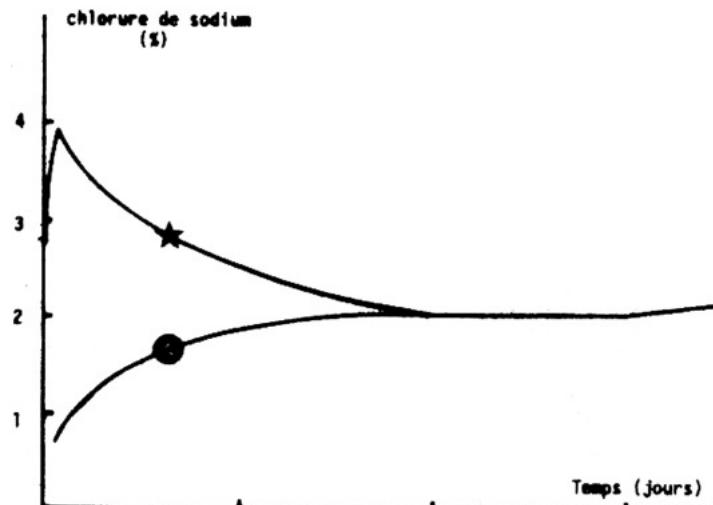
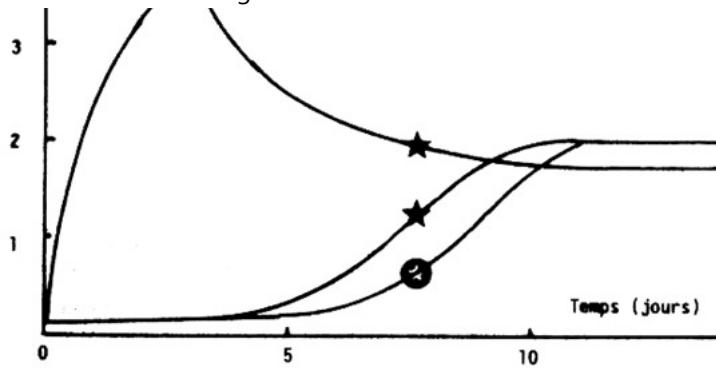
Le salage est réalisé en placant le fromage dans un milieu très concentré en chlorure de sodium constitué, soit d'une saumure, soit de sel sec. Dans les deux cas, un double transfert de matière se produit ; du sel pénètre dans le fromage alors que le sérum en sort. L'échange observé obéit aux lois générales de la diffusion, et tend à l'infini vers un équilibre des concentrations entre les deux milieux. En pratique, la durée de salage est toujours très limitée de manière à concilier la prise de sel et la perte d'eau avec les caractéristiques organoleptiques et texturales propres à chaque fromage.

Pendant le contact entre le milieu salé et le fromage, ce dernier se charge en sel et cède du lactosérum ; toutefois, l'échange restant limité, soit dans le temps par la durée d'immersion en saumure, soit par la quantité de sel appliquée à la surface du fromage lors du salage à sec, le sel est réparti uniquement à la périphérie du fromage. Dans les heures qui suivent, celui-ci diffuse progressivement vers les zones internes du fromage et tend vers l'équilibre de la teneur dans toute la masse du produit. L'évolution dans le temps de la concentration en sel des zones corticales, moyennes et centrales du fromage est donc très différente. La figure 16 illustre cette cinétique dans le cas d'un fromage à pâte molle de type camembert ayant une humidité de 55 % ; elle montre que l'équilibre des concentrations est atteint 48 heures après le début du salage.

Le temps nécessaire à l'équilibre diffère fortement d'un type de fromages à l'autre, et est inversement proportionnel à sa teneur en eau. Aussi pour un fromage à 45% d'humidité, l'isoconcentration est atteinte après 10 à 15 jours; pour les fromages à pâte dure, celle-ci n'est pratiquement jamais obtenue: même après plusieurs mois d'affinage, la zone corticale présente toujours une concentration supérieure en sel par rapport aux zones plus centrales. Cette situation s'explique par le fait que divers facteurs intervenant pendant l'affinage réduisent la mobilité de l'eau indispensable à la diffusion: augmentation de viscosité par refroidissement, évaporation dans la zone corticale consécutive à une hygrométrie inférieure au point de saturation, accroissement de la teneur en eau liée à un enrichissement du milieu en petites molécules libérées par le protéolyse, la lipolyse et la glycolyse.



## La fromagerie et les variétés de froma...



0 1 2 3

**Fig. 16 - EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN SEL PENDANT ET APRES SAUMURAGE DANS LES COUCHES SUPERFICIELLES, MOYENNES ET INTERNES DE DEUX FROMAGES A HUMIDITE DIFFERENTE**

- Tilsitt à 40 % d'eau (D'après FUTSCHIK, 1955)
- Camembert à 58 % d'eau (D'après HARDY, 1976)

### III. 2.2.7.3. Modalités du salage

Divers procédés ont été proposés pour saler le fromage. Le mode de salage le plus employé consiste à saler le fromage par sa surface ; le salage dans la masse pratiqué soit au niveau du lait, soit avant moulage au niveau du grain de caillé, est limité à un nombre restreint de fromages caractérisés par une structure de pâte (cheddar) ou par une absence de croûte. Nous n'exposerons donc ici que les modalités relatives au salage en saumure et au salage à sec pratiqué sur des fromages préalablement moulés et égouttés.

#### III.2.2.7.3.1. Les sels utilisés

Le chlorure de sodium est un composant très largement répandu dans la nature ; il peut être produit soit par extraction minière, soit par évaporation de l'eau de mer en marais salants. Les sels bruts ainsi obtenus peuvent être utilisés pour le salage des fromages, toutefois cet usage présente des inconvénients dus à leur manque de pureté chimique et bactériologique. En effet les sels bruts renferment une proportion non négligeable de composants autres que le chlorure de sodium. Les sulfates, carbonates, sulfates de calcium et de magnésium sont fréquents et souvent à l'origine de la formation de boues dans les saumures. Ces boues en décantant le plus souvent sur les fromages, nuisent à son aspect, mais surtout contribuent en raison de leur caractère basique et hydrophile à neutraliser l'acidité et à accroître l'activité de l'eau à sa surface ; la protection acide disparaît alors, libérant un substrat très propice aux proliférations microbiennes indésirables. D'autre part, ces boues sont souvent à l'origine de mauvais goûts et en particulier d'amertume.

Par ailleurs, au plan microbiologique, et contrairement à une idée reçue qui est erronée, les sels bruts ne sont

pas stériles, mais renferment toujours une proportion importante de micro-organismes variés. Dans les sels marins, les bactéries du genre *Bacillus* dominent, dans les sels miniers, le genre *Micrococcus* est le plus représenté, mais accessoirement toutes les autres catégories de micro-organismes peuvent être présentes ; les conditions de récolte, de conditionnement, de transport et de stockage sont donc particulièrement déterminantes sur la qualité microbiologique des sels.

Les nombreux inconvénients pouvant résulter de l'emploi de sels bruts ont conduit les utilisateurs à choisir de plus en plus des sels raffinés : actuellement, leur usage s'est généralisé en fromagerie industrielle et se répand au plan artisanal.

Ces sels raffinés sont très purs ; ils renferment plus de 99,5% de chlorure de sodium et sont quasiment stériles ; d'autre part leur granulométrie est régulière et adaptée à chaque mode de salage et à chaque type de fromage. De plus pour le salage à sec, les cristaux de sel sont souvent traités spécialement pour éviter leur prise en masse en milieu humide ou mottage et améliorer leur pouvoir glissant ou coulabilité lors de l'application sur le fromage.

### III.2.2.7.3.2. Salage par saumurage

Le saumurage consiste à immerger, dans des conditions définies, le fromage dans une solution de chlorure de sodium. Bien que simple en apparence, le saumurage a été souvent à l'origine d'accidents de fabrication, ainsi il apparaît nécessaire d'en préciser les modalités d'utilisation.

#### - Préparation de la saumure

La saumure doit être réalisée à partir de composants de bonne qualité chimique. L'eau ne doit pas avoir une dureté élevée pour prévenir la formation de sels de calcium génératrices de boues neutralisantes. De plus elle doit être de bonne qualité microbiologique. L'utilisation d'eau potable ou préalablement pasteurisée est souhaitable.

Le sel nécessaire à la préparation de la saumure doit être exempt de matières insolubles génératrices de boues ; les sels raffinés sont donc à employer préférentiellement aux sels bruts. La quantité de chlorure de sodium à

dissoudre dans l'eau correspond à la concentration saturante, soit 300 g par litre à 20°C ; au-delà de ce point, un apport de sel complémentaire se traduit par une décantation des cristaux. Une méthode rapide pour évaluer la teneur en sel de la saumure est la mesure de densité : qui est de 1,250 à saturation à 20° C ; cette mesure peut se faire à l'aide d'aéromètres spéciaux de type densimètres ou par des moyens plus empiriques : à saturation, les fromages flottent généralement à la surface du bain de saumure, il en est de même des pommes de terre ou des oeufs qui sont parfois utilisés pour le contrôle ; en dessous du point de saturation, ces aéromètres s'enfoncent dans la solution. Il convient de remarquer que la mesure de densité n'est représentative de la concentration en sel que dans une saumure neuve ; en cours d'utilisation, cette dernière se charge en substances solubles contenues dans le lactosérum, d'où un accroissement de densité du bain de sel ; seul le dosage spécifique du chlorure permet alors de connaître la concentration en sel.

Un dernier facteur à considérer lors de la préparation de saumures est le pH de la solution ; celui-ci doit être ajusté dans la zone acide et correspondre au pH de fin d'égouttage du fromage, il possède donc une valeur différente pour chaque type de produit, comprise entre pH 4,5 et 5,2. Dans le cas contraire, des accidents de fabrication apparaissent, ils peuvent être consécutifs en particulier à une désacidification superficielle du fromage lorsque le pH est voisin de la neutralité (pH 7), d'où une disparition de la protection acide du substrat favorisant la prolifération de micro-organismes indésirables en cours d'affinage ; à l'inverse, un pH trop acide décalcifie la croûte du fromage, la rend humide, d'où une activité de l'eau propice également au développement de microflores nuisibles.

#### - Vieillissement de la saumure

Au cours de son utilisation, la composition chimique de la saumure n'est pas constante : d'une part, sa teneur en sel diminue, la quantité disparue correspond à la quantité prise par le fromage, d'autre part, elle s'enrichit notamment en lactosérum et en particules de caillé provenant du fromage. La rapidité et l'importance de ce vieillissement chimique croissent principalement avec la charge en fromages, mais également avec l'humidité du produit (figure 17).

Par ailleurs, la contamination microbienne initiale de la saumure est souvent multipliée par mille en cours d'utilisation ; la nature et le nombre de germes apportés dépendent principalement de l'état de propreté et

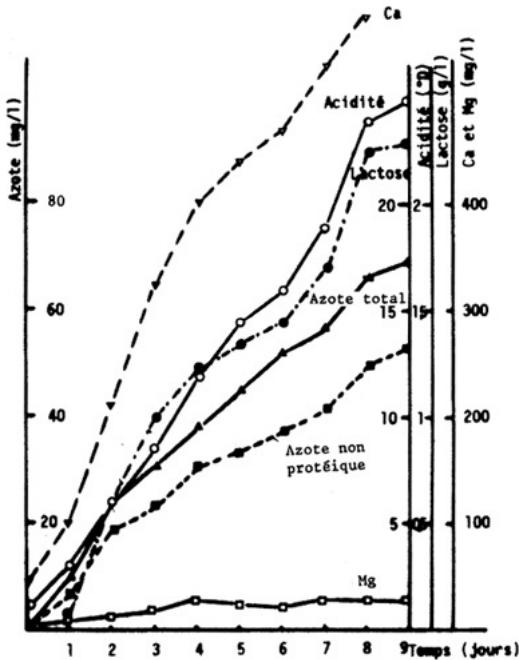
d'hygiène des matériels, de l'ambiance et du personnel, mais le fromage lui-même cède à la saumure une microflore non négligeable composée principalement de bactéries lactiques qui constituent la population dominante, à raison de 80 % de la flore mésophile totale.

Le vieillissement chimique de la saumure implique d'apporter du sel dans le bain, de manière à compenser la diminution de concentration consécutive à la prise de sel par le fromage. Il y a lieu pour établir un gradient de concentration élevé entre le fromage et la saumure favorable à un échange optimisé de maintenir en permanence l'état de saturation ; de ce fait, un apport quotidien de sel est souhaitable après chaque utilisation ; pour les installations importantes, l'emploi d'un saturateur continu situé en dérivation sur les bacs de saumurage est à recommander.

La pollution de la saumure par les constituants, provenant du fromage, implique une nécessité d'épuration périodique ; l'opération la plus simple consiste à filtrer périodiquement le milieu pour éliminer les particules étrangères microscopiques ; l'efficacité du traitement peut être améliorée par un chauffage préalable qui provoque la précipitation de sels et de fractions protéiques solubles et qui améliore par ailleurs la qualité microbiologique du bain de sel. Il faut noter que ces traitements régénérateurs n'éliminent qu'une faible partie des contaminants solubles qui augmentent donc avec la durée de vie de la saumure ; lorsque cette charge est devenue élevée (la turbidité du milieu est alors très importante), il est nécessaire de remplacer la totalité du bain par une saumure neuve. Aussi la durée d'utilisation d'une saumure destinée au salage de fromages à pâte molle est de l'ordre de 1 – 3 mois ; pour les fromages plus secs pour lesquels la contamination est moindre, la période peut atteindre 1 à 2 ans. En raison de leur caractère fortement polluant, lié à leur teneur élevée en lactose fermentable et au chlorure de sodium, le rejet des saumures dans les milieux naturels ou en station d'épuration reste délicat par les déséquilibres qu'ils peuvent engendrer.

La charge microbienne des saumures a un aspect pratique important en technologie fromagère. En effet, les micro-organismes présents dans la saumure ne peuvent s'y développer en raison de l'activité de l'eau basse ( $A_{W}$  = 0,75 pour une saumure saturée à 20° C), à l'exception de rares levures et moisissures, fortement xérophiles, mais peuvent y survivre pendant une durée très variable allant de 3 à 5 jours pour les germes les plus sensibles à 3 à 5 semaines pour les plus halophiles ; les spores de certaines bactéries et de moisissures, organes bien adaptés à la survie en environnements défavorables, ne sont pas altérées par un séjour prolongé en saumure.

De plus pour un germe donné, la durée de la survie est influencée par des facteurs de milieu ; ainsi, une diminution de concentration en sel ainsi qu'une baisse de température prolongent la survie; la situation inverse montre l'intérêt de maintenir la saturation pour obtenir la léthalité maxima. Pour ces différentes raisons, une saumure contaminée peut être un vecteur privilégié de pollution des fromages; des exemples d'accidents causés par les germes les plus résistants (Staphylocoques Mucorales) illustrent cette situation. Aussi est-il recommandé à titre préventif de contrôler périodiquement la qualité microbiologique de la saumure et d'appliquer, si nécessaire, des traitements destinés à l'améliorer. Dans ce sens, la pasteurisation ou la stérilisation thermique peuvent être appliquées; toutefois, la forte corrosion des métaux observés à haute température en milieu salin restreint la généralisation de ces procédés. La stérilisation par apport d'antiseptiques (Hypochlorite de sodium - Eau oxygénée) a été préconisée; son usage est parfois interdit par la réglementation dans certains pays, dans les autres cas elle doit être pratiquée avec précaution car tout surdosage peut provoquer des altérations irréversibles du goût et de la couleur des produits.



**Fig. 17 - VARIATION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'UNE SAUMURE INDUSTRIELLE EN FONCTION DE LA DUREE D'UTILISATION**

(D'après J.L. LACRAMPE et coll., 1974)

#### - Facteurs influençant la prise de sel pendant le saumurage

Plusieurs facteurs propres à la saumure et au fromage influencent la quantité de sel prise par la pâte pendant l'immersion dans la solution salée. Certains d'entre eux favorisent l'échange entre le produit et la saumure,

d'autres le diminuent. Etant donné que la teneur en sel du fromage est une constante, la durée du saumurage devra être corrigée si une modification d'un ou de plusieurs facteurs apparaît : tout effet favorisant sera accompagné d'une réduction de la durée du saumurage, tout effet inhibiteur d'une prolongation.

Parmi les facteurs liés à la saumure, l'augmentation de la température et de l'agitation accentuent l'échange, à l'inverse, la baisse de la concentration de la saumure le réduit.

L'agitation consiste à placer les fromages dans un courant de saumure ; le régime turbulent appliqué favorise l'établissement d'un gradient de concentration plus important entre le bain et le fromage par réduction de la couche limite ; le saumurage dynamique permet un gain de temps d'environ 30 % par rapport à celui d'un saumurage statique et favorise par ailleurs l'homogénéité de la répartition du sel entre les différents fromages (fig. 18a)).

Une élévation de la température de la saumure accélère le phénomène de diffusion et accroît la prise de sel par le fromage ; le refroidissement a l'effet contraire. Pratiquement, l'effet positif observé ne peut être pleinement exploité en raison de l'incidence négative de l'accroissement de la température sur la forme et la texture du fromage.

La baisse de teneur en sel de la saumure ralentit la prise de sel par le fromage, par diminution du gradient de concentration ; il y a donc lieu pour optimiser l'échange, de maintenir la saturation dans le bain de sel.

Parmi les facteurs liés au fromage, l'accroissement de l'humidité est le paramètre dominant qui favorise la prise de sel, la phase aqueuse constituant le support du phénomène de diffusion. Pratiquement pour un type donné de fromage, il est nécessaire de réduire la durée de saumurage lorsque l'égouttage a été insuffisant. Inversement, celle-ci doit être prolongée lorsque la teneur en matière sèche augmente.

Un second facteur important est la surface spécifique du fromage définie par le rapport surface/volume. Toutes conditions étant égales par ailleurs, un fromage sphérique dont la surface spécifique est faible devra être saumuré beaucoup plus longtemps qu'un fromage en forme de meule plate ou de cylindre allongé, de petit diamètre.

Un dernier facteur conditionnant la prise de sel est la teneur en matière grasse du fromage ; son augmentation ralentit la pénétration du sel; ainsi un fromage gras fait à partir de lait entier se sale plus longtemps qu'un produit de même teneur en eau obtenu à partir de lait standardisé ou de lait écrémé.

### III.2.2.7.3.3. Salage à sec

Le salage à sec consiste à appliquer du sel sec à la surface du fromage encore humide. Dans un premier temps, le sel se dissout dans l'eau du fromage et forme un film de saumure superficiel ; l'échange tendant vers l'équilibre des concentrations en chlorure de sodium est alors initié et se déroule dans le temps selon des modalités similaires à celles observées pour les fromages saumurés.

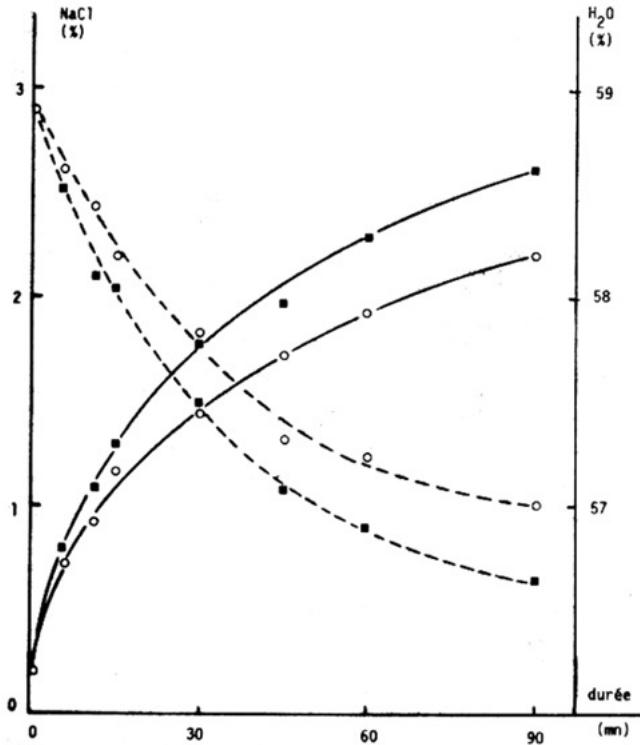


Fig. 18a) - EVOLUTION DE LA PRISE DE SEL ET DE LA PERTE D'EAU DU CAMEMBERT PENDANT LE SAUMURAGE

H<sub>2</sub>O    ■ —■— S. dynamique  
 ○ —○— S. statique

NaCl ■—■ S. dynamique  
○—○ S. statique

(D'après HARDY, 1976)

La quantité de sel reçue par le fromage dépend de la masse de sel collée initialement à la surface ; son importance dépend étroitement de l'humidité de surface au moment du salage. Une surface très humide capte beaucoup de cristaux de sel ; mais ceux-ci se dissolvent rapidement et la saumure formée en excès est perdue par égouttage ; finalement, le fromage est insuffisamment salé. A l'inverse, une surface trop sèche retient trop peu de sel et un défaut de salage apparaît également. Le moment du salage à sec doit donc être fixé avec précision de manière à faire coïncider exactement la masse de sel retenue par l'humidité de surface avec celle correspondant à la teneur en chlorure de sodium désirée dans le fromage. Cette détermination, pour être rigoureuse et exacte, nécessite souvent une longue expérience de la part du praticien.

La taille des cristaux de sel conditionne également l'importance de la masse de sel adhérant à la surface ; la quantité retenue croît avec la taille des cristaux; ainsi, les fromages peu salés ou de petit format seront salés à l'aide de sels fins ; pour les fromages à teneur en sel élevée ou de gros format, les sels à grains moyens et gros seront plus adaptés. Il importe donc que, pour un fromage donné, la granulométrie du sel soit définie et parfaitement régulière.

Au plan pratique, la mise en œuvre du salage à sec est assez fastidieuse lorsqu'elle est réalisée manuellement car elle implique plusieurs applications successives, notamment pour les fromages de gros format ou à teneur élevée en sel ; celles-ci se poursuivent alors à intervalles de temps réguliers pendant le début de la phase d'affinage et correspondent aux soins pratiqués pour diriger la maturation. Au plan industriel, le salage à sec est surtout utilisé pour les fromages à humidité moyenne et élevée ; il est peu pratiqué pour les fromages à humidité faible, en raison des lourdes charges en main d'œuvre qu'il implique. Des procédés mécanisés ont été développés pour alléger le travail, mais aussi pour régulariser l'apport du sel ; ils consistent soit à transférer en continu les fromages sous un rideau de sel, trois passages successifs étant nécessaires pour saler les deux faces et le talon du fromage, soit à placer les produits dans un nuage de sel obtenu par air pulsé, une seule opération permettant de saler la totalité de la surface.

### III.2.7.3.4. Autres procédés de salage

L'apport de chlorure de sodium ou d'eau de mer dans le lait, qui est réalisé de manière traditionnelle pour la fabrication de quelques fromages typiques du bassin Méditerranéen, contribue au salage final du fromage. Ainsi que nous l'avons énoncé précédemment, cette pratique est justifiée en tant que procédé simple de préservation du lait, mais est peu adaptée à la réalisation du fromage dont elle prolonge les phases de coagulation et d'égouttage. Les produits obtenus sont caractérisés par l'absence de croûte, et sont donc très périssables ; ils doivent donc être consommés rapidement à l'état frais ou être protégés par des traitements complémentaires - dessication, affinage en saumure - pour une conservation plus longue.

### III.2.3. Le lactosérum

La transformation du lait en fromage se traduit par la production d'un important dérivé : le lactosérum. Cette importance est double : quantitativement, la moyenne du volume de sérum séparé voisine les 9/10 de la quantité de lait travaillé, qualitativement, le lactosérum renferme près de la moitié de la teneur en matière sèche originelle du lait.

#### III.2.3.1. Composition du lactosérum

La composition en matière sèche totale du lactosérum varie selon les modalités de la coagulation et de l'égouttage entre les limites suivantes :

Matière sèche totale 50 à 65 g/l

- lactose 39 à 48 g/l
- acide lactique 1 à 8 g/l
- matière grasse 0,5 à 3 g/l
- sels minéraux 3 à 6 g/l
- matières azotées 6 à 8 g/l

On note également des différences dans l'équilibre des divers composants selon le mode d'obtention du gel ; les variations observées rapportées à 100 g de matière sèche sont les suivantes :

Lactosérum obtenu par :	voie enzymatique	voie acide
Lactose	70 à 80	60 à 70
Protéines	9 à 13,5	9 à 13,5
Azote non protéique	0,6 à 0,8	0,5 à 0,7
Matières minérales	7,5 à 9	9 à 14
Matières grasses	0,7 à 5	0,7 à 5
Acidité lactique	0,05 à 0,11	0,50 à 0,80

### III.2.3.2. Voies de valorisation du lactosérum

Malgré cette importance, le lactosérum a longtemps été considéré comme un sous-produit encombrant et sans valeur, dont le praticien se débarrassait aux moindres frais par l'alimentation animale directe et/ou par le rejet en milieu naturel. Ce peu d'intérêt marqué par le passé pour ce produit résulte vraisemblablement de sa composition particulière, sa très grande richesse en eau et en lactose lui conférant à la fois un caractère très volumineux et encombrant et une grande dégradabilité.

Au cours des quinze dernières années, cette conception a considérablement évolué, le lactosérum étant de plus en plus considéré comme une matière semi-transformée hautement valorisable ; aussi, actuellement, le pourcentage de sérum rejeté, notamment au plan industriel est de plus en plus réduit.

Parmi les moteurs de cette mutation, deux éléments apparaissent essentiels. Le premier concerne la pression réglementaire qui a interdit progressivement dans les pays industrialisés tout rejet polluant dans les milieux naturels. Le lactosérum possède, en effet, une demande biologique d'oxygène très élevée, comprise entre 30 000 et 40 000 mg d'O<sub>2</sub>/litre ; elle est équivalente à 60 à 70 % de la charge polluante globale apportée par habitant et par jour dans l'environnement.

Par ailleurs, l'augmentation régulière de la fabrication de fromages et de caséine et celle de la dimension des usines observées au cours des vingt dernières années ont considérablement accru la disponibilité en lactosérum et la densité de pollution potentielle au voisinage des unités de production. L'élimination de ces effluents ne pouvant être envisagée en l'état en raison de leurs effets profondément négatifs sur l'environnement, elle implique pour l'industrie la nécessité d'investir en équipements d'épuration très importants.

Le deuxième élément responsable de la mutation observée est relatif à la prise de conscience de la valeur alimentaire du lactosérum, celle-ci ayant été longtemps sous-estimée en raison de l'extrême dilution de la matière sèche du lactosérum et de la rareté des travaux scientifiques spécialisés dans ce domaine. Ce n'est qu'au cours de la dernière décennie que les recherches se sont multipliées sur les constituants du lactosérum et leurs possibilités d'utilisation alimentaire. Il n'est pas possible de détailler ici l'ensemble de ces travaux, dont la masse est considérable, et qui se caractérisent par une extrême diversité. Cette situation s'explique par la nature des constituants majeurs du lactosérum - protéines et lactose - susceptibles de transformations très variées par voies enzymatiques et fermentaires.

Il convient toutefois de souligner que les lactosérum provenant de fabrication de fromages à pâtes fraîches et à pâtes molles offrent des possibilités de valorisation plus limitées que les lactosérum doux, en raison de leur acidité et de leur minéralisation élevées.

Cette diversification des produits élaborés s'est faite dans le temps, en trois étapes distinctes :

- La première a consisté à appliquer d'une manière globale divers traitements de préservation destinés à assurer la conservation de la totalité de la matière sèche ; ainsi, le mode de transformation classique mettant en oeuvre successivement la pasteurisation, la concentration, puis le séchage reste encore à l'heure actuelle la voie de valorisation la plus communément utilisée et est appliquée à près de 80 % du lactosérum collecté. Il convient toutefois de remarquer que le coût de plus en plus élevé du séchage, dû au renchérissement de l'énergie, ainsi que la perte de valeur alimentaire consécutive aux traitements thermiques séquentiels incitent de plus en plus à abandonner cette issue conventionnelle pour le lactosérum.
- Une deuxième étape a consisté à séparer d'une manière sélective différents éléments du lactosérum et à les valoriser individuellement. Ces procédés n'ont été développés que grâce à la mise au point de techniques

séparatives spécifiques comme l'ultrafiltration, l'osmose inverse, l'électrodialyse, la centrifugation.

Deux constituants essentiels du lactosérum - protéines et lactose - ont été plus particulièrement traités par ces procédés en vue de l'élaboration de produits finis ou semi-finis sous forme sèche et/ou concentrée et à usage industriel alimentaire et/ou pharmaceutique.

- Un dernier secteur de valorisation, initié le plus récemment, vise à transformer la fraction protéique et la fraction glucidique du lactosérum, soit *in situ*, soit après isolement préalable, par voie fermentaire et/ou par voie enzymatique en vue de produire des molécules particulières, de la biomasse, et/ou de développer des propriétés fonctionnelles déterminées. En ce sens, l'hydrolyse du lactose, qui permet l'obtention de lactosérum à haute teneur en matière sèche, apparaît très prometteuse pour le développement de nouveaux aliments à usage humain et animal (tableau 10).

Les principales transformations industrielles du lactosérum sont résumées au tableau 11.

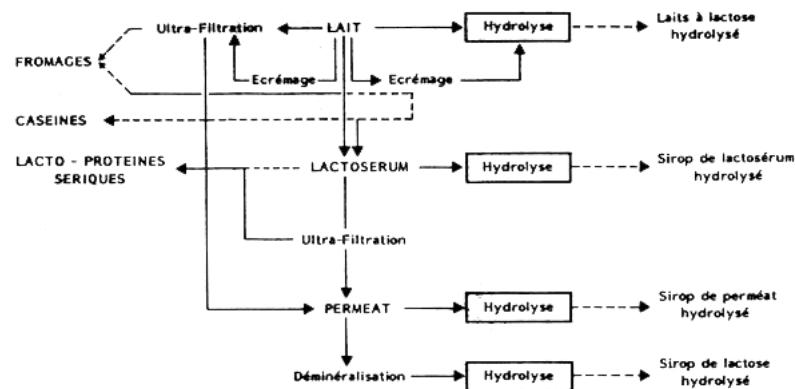
### III.3. - L'AFFINAGE

Au cours des deux premières étapes de la fabrication fromagère, la coagulation et l'égouttage, ont été réalisées les séparations sélectives des constituants du lait entre le lactosérum et le fromage. Le fromage obtenu n'est que partiellement stabilisé par abaissement du pH et de l' $A_{W}$ ; cet état permet le développement de certaines transformations du substrat. La finalité de l'affinage est de diriger ces évolutions dans le sens souhaité ; il correspond principalement à des modifications de deux composants majeurs : protéines et matière grasse ; protéolyse et lipolyse sont donc les phénomènes dominants de l'affinage, elles se traduisent par de profondes modifications de la composition physico-chimique du substrat, et par voie de conséquence, de celles de son aspect, de ses qualités organoleptiques, de sa digestibilité et de sa valeur nutritive.

#### III.3.1. Les mécanismes de l'affinage

Les transformations précitées se font par l'intermédiaire d'agents de maturation et principalement par les enzymes et les micro-organismes ; leur activité est fortement dépendante à la fois de facteurs internes au fromage et des facteurs externes.

La biochimie de l'affinage se distingue par une extrême complexité et par son caractère très spécifique pour chaque type de fromage. Cette complexité résulte de la grande diversité des agents de l'affinage, de celle des constituants intéressés par les transformations et de l'existence de nombreuses interactions entre les phénomènes responsables.



**TABLEAU 10 - Les voies d'hydrolyse du lactose**

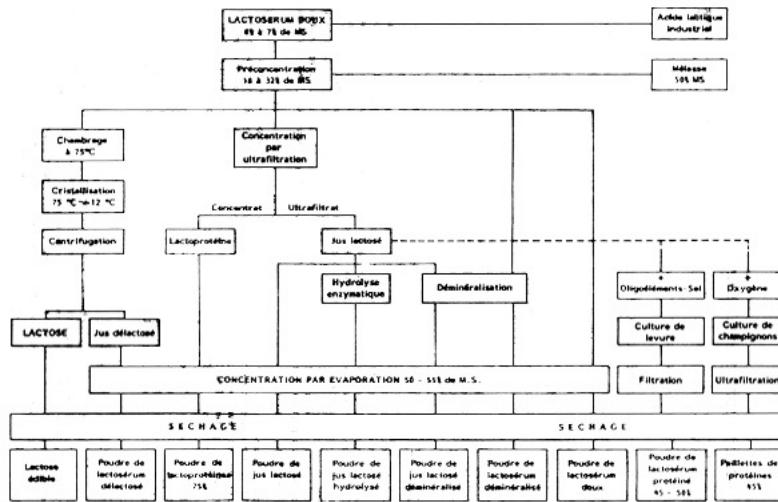


TABLEAU 11 - Principales transformations industrielles du lactosérum

De ce fait, la connaissance complète de l'affinage est encore incomplète, mais elle est meilleure pour les fromages produits et consommés massivement que pour les productions mineures à diffusion restreinte. Ainsi, pour les grands types de produits, l'évolution chimique des principaux constituants en cours de maturation a été caractérisée et des corrélations étroites ont été établies entre des profils de composition et la qualité organoleptique.

### III.3.1.1. Enzymes intervenant dans l'affinage

Les enzymes sont les agents principaux de la transformation des constituants du lait pendant l'affinage. Leur diversité est grande, tant dans leur origine que dans leur nature.

Les principales sources d'enzymes sont les suivantes :

### III.3.1.1.1. Enzymes naturelles du lait

Numériquement peu nombreuses et quantitativement peu importantes, leur rôle apparaît mineur, quoique encore imparfaitement connu.

### III.3.1.1.2. Enzymes d'origine microbienne

Ce sont les agents d'affinage prédominants par leur nombre et leur diversité ; ils sont produits à la fois par les micro-organismes pouvant contaminer fortuitement le lait et le fromage lors de la collecte et de la transformation, et par les microflores inoculées volontairement dans le lait et sur le fromage au début de l'affinage (bactéries lactiques et non lactiques, moisissures). Le rôle de ces enzymes étroitement tributaires des traitements technologiques et des facteurs de milieu conditionne à la fois la croissance des micro-organismes, la production des enzymes par ces germes et l'activité enzymatique proprement dite.

Il y a lieu en particulier de souligner l'incidence majeure du traitement thermique du lait sur la destruction sélective des micro-organismes et des enzymes. Pour les produits faits à partir de lait cru, l'importance et la variété des enzymes présentes contribuent à la formation des fromages à composantes organoleptiques très typées. Pour les produits élaborés à partir de lait thermisé et pasteurisé, la faible part d'enzymes résiduelles se traduit par un profil organoleptique plus neutre induit par les flores ensemencées de façon dirigée. En ce sens, il y a lieu de rappeler le rôle des bactéries lactiques qui ne se limite pas à leur pouvoir acidifiant ; par leur action protéolytique, longtemps sous-estimée, elles interviennent de façon notable dans le développement des qualités organoleptiques des fromages et plus particulièrement de ceux affinés sans l'intervention d'une flore de surface.

Il convient de remarquer, par ailleurs, le rôle majeur dans l'affinage des moisissures dont l'activité protéolytique et lipolytique est considérablement plus élevée que celle des bactéries et des levures. Ce rôle prépondérant est illustré par de nombreux exemples de fromages - pâtes molles fleuries, pâtes persillées - dont l'affinage est étroitement tributaire du développement équilibré des flores fongiques caractéristiques.

Enfin, il faut mentionner l'intervention particulière de bactéries propioniques dans l'affinage de plusieurs types de fromages à pâtes pressées et dures. Cette fermentation donne lieu à une production de gaz carbonique génératrice de l'ouverture de la pâte, les acides propionique et acétique contribuant à la formation de la saveur

légèrement piquante.

### III.3.1.1.3. Enzymes d'origine exogène

Les protéases utilisées pour la coagulation du lait contribuent, elles aussi, de manière efficace à l'affinage. Elles ne sont pas totalement éliminées avec le lactosérum lors de l'égouttage. Leur rétention dans le fromage varie de manière importante avec la nature de l'enzyme utilisée. Pour la présure, la quantité retenue croît avec la diminution du pH, alors que pour les enzymes d'origine fongique provenant de *Mucor miehei* ou de *Mucor pusillus*, cette quantité est indépendante du pH et se situe à une valeur plus faible. Dans tous les cas, la quantité d'enzymes résiduelles dans le coagulum dépend également de la thermosensibilité particulière de chaque protéase. Pour cette raison, un traitement thermique en cours d'égouttage peut fortement modifier la protéolyse due aux enzymes coagulantes résiduelles.

Diverses expérimentations ont été également réalisées en vue d'accélérer l'affinage ou de développer des composantes organoleptiques spécifiques, en particulier par incorporation dans le lait ou après égouttage de lipases et de protéases. Les résultats obtenus sont encourageants, mais le dosage et la maîtrise de l'activité enzymatique restent délicats. De plus l'addition d'un nombre limité d'enzymes n'est pas toujours suffisante pour typer les produits. Aussi une autre approche consiste à introduire dans le lait des cultures microbiennes à activité enzymatique multiple, mais dont la vitalité est modulée par des traitements thermiques sélectifs adéquats.

### III.3.1.2. Les transformations du substrat pendant l'affinage

Pendant l'affinage, les constituants du fromage sont dégradés en composants plus simples à poids moléculaire réduit ; cette évolution est caractérisée par une très grande complexité biochimique. Les réactions ne se font pas isolément, mais sont intégrées au sein de séquences où la molécule initiale est d'abord transformée en produit primaire, puis en produit secondaire et souvent en résidu tertiaire. La cinétique de toutes ces réactions est en outre profondément intégrée à la disponibilité des substrats et à l'influence des facteurs d'environnement : pH - A<sub>w</sub> - température, etc.

#### - Glycolyse

La transformation du lactose en acide lactique précédemment développée pendant la coagulation et l'égouttage se poursuit pendant l'affinage. Le lactose disparaît en général dans les premières jours de la maturation à la suite de fermentations variées, dues en particulier aux bactéries lactiques et coliformes, aux levures et moisissures ; elles conduisent à une multitude de produits primaires, mais dont l'acide lactique est de loin le plus important. Dans une seconde étape, l'acide lactique peut subir d'autres fermentations en acides organiques plus simples (Ac. propionique, Ac. acétique, Ac. butyrique) qui peuvent eux-mêmes être transformés en composants de la saveur des fromages comme les aldéhydes et les cétones.

#### - Lipolyse

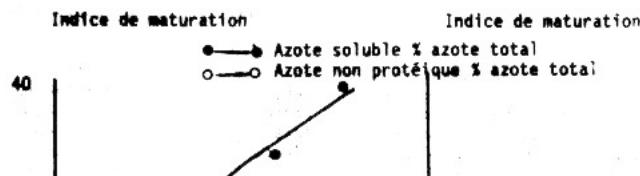
La lipolyse se traduit dans une première étape par la libération des acides gras constitutifs des triglycérides du lait. L'importance du phénomène n'est pas le même pour toutes les catégories de fromages, comme le montre le tableau 12.

Tableau 12 TENEURS MOYENNES EN ACIDES GRAS DES DIFFÉRENTES CATEGORIES DE FROMAGES

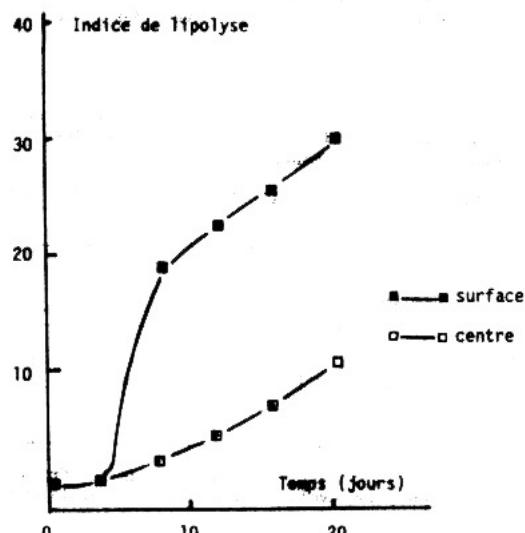
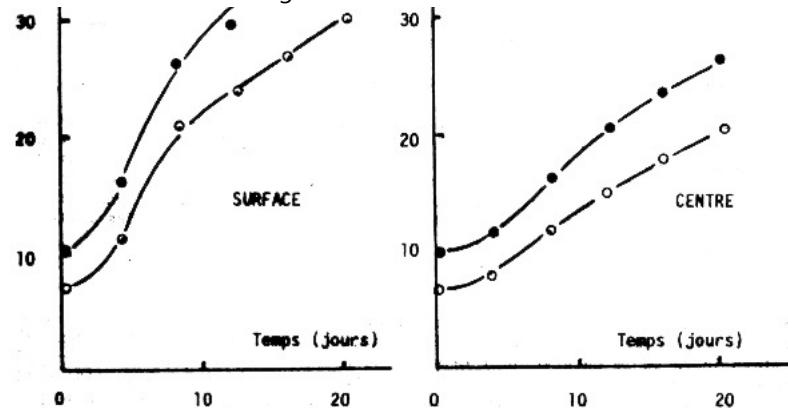
Fromages	Pâtes pressées	Pâtes dures	Pâtes molles	Pâtes persillées
Acides gras libres (g/kg)	1,5–3	5–10	20–50	30–60

D'une manière générale, la lipolyse est plus marquée dans les fromages affinés à l'aide de moisissures : le plus souvent, son évolution suit étroitement la croissance du mycélium (figure 18).

Pour les fromages de type Bleu, la lipolyse marquée se poursuit par une transformation secondaire des acides gras en alcools, aldéhydes et cétones, responsables du goût et de l'arôme caractéristiques des produits affinés.



## La fromagerie et les variétés de froma...



**Fig. 18b) - EVOLUTION DE LA PROTEOLYSE ET DE LA LIPOLYSE AU COURS DE L'AFFINAGE D'UN FROMAGE A PATE MOLLE DE TYPE CAMEMBERT**  
(D'après AKGUN, 1978)

La proportion et la nature des acides gras étant caractéristiques de la composition du lait propre à chaque espèce, les produits de réaction diffèrent et contribuent au typage particulier des fromages affinés, en particulier de ceux fabriqués au lait de chèvre et de brebis.

- Protéolyse

La protéolyse est le phénomène dominant de l'affinage : il se traduit par la libération successive de peptides, puis d'acides aminés; ces derniers peuvent dans certains cas être eux-mêmes dégradés en composants très variés contribuant à la saveur marquée de certains fromages très affinés.

L'importance de la protéolyse et la nature des produits formés n'est pas la même pour tous les types de fromages ; cet état se traduit par un profil de composition particulier en fractions azotées et par un indice de maturation caractéristique, exprimé par le rapport azote soluble à l'azote total (Tableau 13 - Figures 18b) et 19).

Tableau 13 VALEURS MOYENNES DE L'INDICE DE MATURATION EN FIN D'AFFINAGE POUR DIFFERENTES CATEGORIES DE FROMAGES

Fromages	Pâtes pressées	Pâtes dures	Pâtes molles	Pâtes persillées
Azote soluble %	15–21	27–32	28–34	30–36
Azote total				

D'une manière générale, les fromages affinés par l'intermédiaire de flores microbiennes (bactéries, moisissures), implantées en surface ou dans la masse, sont plus profondément protéolysés que les fromages qui en sont dépourvus. De plus, la protéolyse étant étroitement tributaire du développement de ces flores, la solubilisation des protéines évolue dans le temps parallèlement à leur croissance, et est plus marquée au voisinage du lieu

d'implantation de ces flores. La figure 20 traduit la profonde différence d'activité protéasique existant entre le centre et la surface d'un fromage de type Camembert affiné à l'aide d'une moisissure de surface à forte activité protéolytique de type Penicillium.

### III.3.2. Modalités de l'affinage

La maîtrise de l'affinage est obtenue en fixant différents paramètres propres au substrat et à l'ambiance dans des limites définies. Ces conditions interviennent à un double niveau en agissant sur la prolifération et l'activité des flores microbiennes et sur la production et l'activité des enzymes. Elles constituent des auxiliaires indispensables puisqu'elles permettent de diriger l'activité des agents d'affinage et de faire apparaître les transformations spécifiques souhaitées pour chaque type de fromage.

#### III.3.2.1. Rôle du pH

Son rôle est essentiel. Il règle à la fois :

- le développement des micro-organismes constituant les flores internes et superficielles,
- la production d'enzymes par ces micro-organismes, et
- l'activité des diverses enzymes contenues dans le substrat, qu'elles soient d'origine microbienne ou apportées par voie exogène.

Les micro-organismes intervenant dans l'affinage provenant d'un ensemencement naturel ou volontaire présentent une sensibilité spécifique au facteur pH. Les bactéries se développent préférentiellement sur les substrats à caractère voisin de la neutralité, alors que les moisissures et les levures ont une plus grande affinité pour les milieux acides. Il faut cependant remarquer que les micro-organismes les plus acidophiles peuvent également proliférer au voisinage de la neutralité. La sensibilité particulière des micro-organismes au facteur pH constitue un élément sélectif primordial de la colonisation du fromage par les souches scuhaitées, ainsi que par celles d'origine accidentelle dont le rôle peut être indésirable.

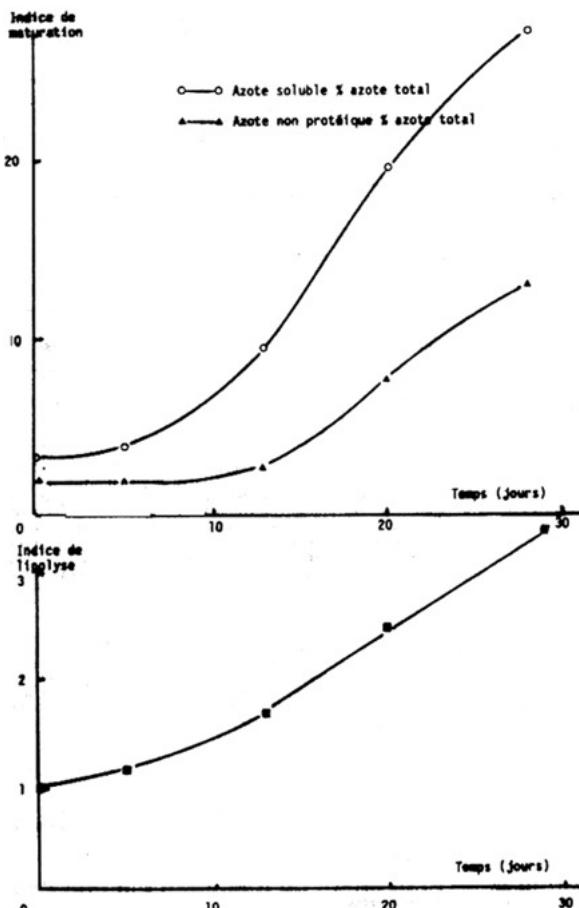


Fig. 19 - **EVOLUTION DE LA LIPOLYSE ET DE LA PROTEOLYSE AU COURS DE L'AFFINAGE D'UN FROMAGE A PATE PRESSEE DE TYPE SAINT-PAULIN** (D'après RAMET, 1978)

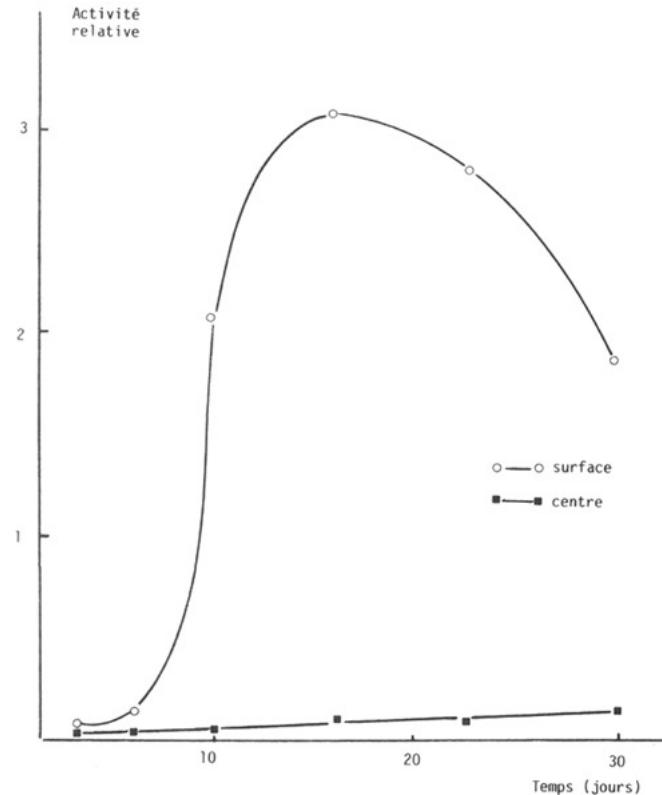


Fig. 20 - **EVOLUTION DE L'ACTIVITE PROTEASIQUE D'UN FROMAGE DE TYPE CAMEMBERT AU COURS**

La fromagerie et les variétés de froma...  
**DE LA MATURATION** (D'après LENOIR, 1970)

Le pH détermine par ailleurs la production d'enzymes par les microflores ainsi que l'activité de ces enzymes. En général, les protéases présentent une activité maximale à un pH compris entre 5,5 et 6,5. Toutefois, la plupart d'entre elles possèdent une activité encore importante, de part et d'autre de cette zone. Les lipases présentent un caractère basophile plus marqué que les protéases. Leur optimum d'activité se situe généralement entre 6,5 et 7,5, mais, là aussi, on observe de nombreuses exceptions.

Or, au début de l'affinage, l'acidité qui a été développée au cours de la coagulation et de l'égouttage afin de régler à la valeur souhaitée l'humidité et la minéralisation du caillé est souvent excessive pour permettre la prolifération des flores et l'activité enzymatique recherchées. De ce fait, un processus de désacidification doit intervenir, pour optimiser la croissance microbienne et l'activité enzymatique : les modalités sont très différentes selon la catégorie des fromages.

Pour certains fromages à pâte molle et pour les fromages à pâte persillée, la neutralisation de la pâte est obtenue par voie biologique à l'aide de moisissures acidophiles se développant en surface ou dans la masse. Autrefois, l'implantation de ces flores se faisait spontanément en fonction des caractéristiques écologiques du milieu extérieur et de celles du substrat. Actuellement, le développement des flores est déterminé par un apport de microorganismes sélectionnés, dont l'activité biochimique est connue. Toutes ces flores présentent un caractère aérobio marqué.

Une seconde catégorie de fromages dits à pâte molle lavée se caractérise par un affinage lié au développement d'une flore bactérienne de surface habituellement connue sous le terme de "ferment du rouge". Cette flore renferme des bactéries variées généralement pigmentées en ocre, dont l'espèce dominante est représentée par *Brevibacterium linens*. En raison de son caractère neutrophile, cette flore ne peut proliférer qu'après une neutralisation préalable de la surface des fromages par des micro-organismes du type levure et *Oidium* implantés spontanément ou de manière dirigée pendant l'égouttage. Un processus complémentaire de neutralisation intervient par voie chimique grâce au calcium fixé sur les micelles de caséine, et grâce à une diffusion centripète d'ammoniac dans la pâte à partir de l'atmosphère des locaux et par contact direct avec les supports des fromages. La libération d'ammoniac correspond aux produits terminaux de la protéolyse

développée, en particulier sous l'influence des enzymes provenant des fermentations du rouge.

Dans le cas de la plupart des fromages à pâte pressée et à pâte dure, la désacidification est réalisée par le calcium resté dans le caillé en quantité relativement élevée par suite d'une fermentation lactique limitée au cours de la coagulation et de l'égouttage. Pour certains fromages à pâte pressée, l'affinage est complété par le développement de flores fongiques ou bactériennes de surface participant par voie centripète à la neutralisation de la pâte.

Pour un petit nombre de fromages, le plus souvent de fabrication fermière ou artisanale, la désacidification préalable à la protéolyse est obtenue par voie chimique par apport de cendres de bois riches en potasse à la surface ou dans la masse.

### III.3.2.2. Rôle de l'activité de l'eau

En début d'affinage, l' $A_{Wf}$  du fromage résulte en partie des modalités de la coagulation et de l'égouttage qui ont conduit à l'élimination plus ou moins importante de l'eau constitutive du lait, mais également de l'état de répartition du sel apporté lors du salage.

Dans la suite de l'affinage, le facteur principal déterminant l' $A_{Wf}$  est l'hygrométrie des locaux. Ces deux paramètres sont directement définis par les pressions partielles de vapeur d'eau du produit et de l'ambiance. En pratique l'affinage est toujours réalisé à une hygrométrie inférieure à la saturation. Deux raisons expliquent cette situation. D'une part, il est difficile, dans les conditions pratiques, d'obtenir la saturation de l'air dans une ambiance refroidie car les surfaces réfrigérantes piègent l'eau atmosphérique. D'autre part, une ambiance saturée entraînerait à la surface du fromage une  $A_{Wf}$  voisine de 1 qui favoriserait la prolifération d'un grand nombre de micro-organismes indésirables ; le rôle sélectif de l' $A_{Wf}$  disparaîtrait.

Le choix de l'hygrométrie doit tenir compte de la sensibilité à l' $A_{Wf}$  des catégories de micro-organismes dont il convient de favoriser en surface le développement ou au contraire, l'inhibition. D'où une hygrométrie généralement élevée (90 – 95% d'humidité relative) pour les fromages à flore bactérienne superficielle, une hygrométrie légèrement plus basse (85 – 90 %) pour ceux à flore fongique. Pour les fromages à croûte sèche,

l'hygrométrie est ajustée à une valeur faible (80 – 85 %) pour limiter au maximum le développement des flores contaminantes de surface.

L'hygrométrie étant inférieure à 100 % d'humidité relative, il se produit toujours une évaporation de l'eau contenue dans le fromage vers l'ambiance. Cette perte en eau varie fortement d'un type de fromage à un autre en fonction de diverses caractéristiques de celui-ci, à savoir :

- La teneur en eau totale. En général, plus le fromage est humide, plus la perte en eau totale est élevée, toutes conditions étant par ailleurs égales ;
- La surface spécifique du fromage détermine l'importance de la surface d'évaporation. Ainsi, tout fromage dont la forme s'éloigne d'une sphère pour laquelle la surface spécifique est la plus faible perdra une quantité accrue d'eau ;
- L'état de liaison de l'eau. L'eau susceptible de s'évaporer est constituée par l'eau libre, l'eau liée restant fixée dans le produit. C'est donc l' $A_{Wf}$  qui définit l'évaporation potentielle dans l'ambiance ;
- L'état de surface des fromages. Il influence fortement l'évaporation. Un fromage à croûte sèche aura un effet barrière vis-à-vis de l'évaporation plus prononcé qu'un fromage de même nature, à croûte humide ;
- Le temps de séjour dans les locaux d'affinage influence également la perte en eau. Celle-ci est accrue lorsque la durée d'affinage est prolongée.

Il convient de noter par ailleurs que les réactions d'ordre biochimique intervenant dans le substrat en cours d'affinage correspondent pour la plupart à des réactions d'hydrolyse qui fixent de l'eau. En conséquence, elles entraînent une diminution de l'eau libre et donc celle de l' $A_{Wf}$ .

Considérée globalement, l'activité de l'eau du fromage entier est la résultante d'un ensemble de phénomènes complexes de nature physique (égouttage, évaporation de l'eau, diffusion du sel), chimique (interaction substrat - chlorure de sodium) et biochimique (protéolyse, lipolyse, glycolyse), dont la connaissance encore fragmentaire rend difficile la pleine maîtrise.

Pour plusieurs fromages typiques du bassin Méditerranéen, une méthode traditionnelle d'ajustement de l'Ay à la fois simple et adaptée aux climats chauds consiste à réaliser l'affinage en saumure. Après pressage en vrac, le coagulum égoutté est découpé en portions parallélépipédiques d'un poids de 0,5 – 1,5 kg ; ces portions sont alors immergées en pots ou bidons métalliques contenant une quantité de lactosérum ou d'eau salée comprise entre 10 – 20 % de la masse de fromage. Le taux de chlorure du milieu salé, initialement de 12 à 16 %, correspond à une activité de l'eau de l'ordre 0,90 – 0,94, n'assure qu'une stabilisation partielle vis-à-vis des micro-organismes, et permet un affinage de la pâte pendant la durée de conservation qui est de 6 à 12 mois. Durant cette phase, un échange se produit entre le fromage et la solution salée selon un processus semblable à celui résultant du salage ; le sel diffuse dans le fromage, ce dernier rejette du lactosérum, l'équilibre est réalisé lorsque le taux de sel avoisine 5 à 9 % ; dans le temps la chute de rendement est rapide à température ambiante; si la conservation est faite à basse température, 0 – 4° C, les échanges sont ralenti et la perte de poids est moindre. L'usage du froid permet par ailleurs de réduire la prolifération de micro-organismes halophiles, en particulier de levures et de moisissures, qui sont parfois génératrices d'accidents de gonflement et de saveurs indésirables.

### III.3.2.3. Rôle de la température

Les micro-organismes intervenant dans l'affinage sont presque exclusivement mésophiles. Les levures et les moisissures possèdent leur optimum de développement à 20 – 25° C. Les bactéries lactiques ont leur optimum à 30 – 35° C, à l'exception des espèces thermophiles pour lesquelles l'optimum de croissance est voisin de 45° C.

La production d'enzymes par ces micro-organismes est généralement maximale à une température proche de la température de croissance, ou à une valeur légèrement inférieure à celle-ci. Par contre, l'activité optimale de ces enzymes se situe le plus souvent entre 45° et 50° C.

En technologie fromagère, la température des locaux d'affinage est toujours réglée à une valeur très inférieure à celle des températures optimales de croissance des microorganismes et d'activité des enzymes. Cette pratique permet de ralentir l'évolution du substrat et ainsi de la mieux maîtriser notamment en fonction des exigences imposées par la commercialisation.

Dans les conditions habituelles, les températures les plus généralement adoptées sont les suivantes :

Pâtes molles moisies	11 – 13° C
Pâtes molles lavées	10 – 15° C
Pâtes persillées	5 – 10° C
Pâtes pressées non cuites	10 – 14° C
Pâtes pressées cuites	
1ère phase (en cave froide)	10 – 12° C
2ème phase (en cave chaude)	20 – 22° C
Pâtes dures	14 – 18° C

Pour les fabrications de type industriel, on observe une tendance à augmenter les températures dans le but de réduire les durées d'affinage. Toutefois, bien qu'il soit théoriquement possible d'accroître la vitesse de maturation par une température plus élevée, cette pratique reste très limitée, car elle entraîne des modifications importantes de la qualité organoleptique qui n'entre plus dans les standards auxquels le consommateur est habitué.

A l'opposé, le froid permet de ralentir globalement les réactions fermentaires et biochimiques modifiant le substrat. Un faible abaissement de température, de l'ordre de la 1 à 2° C est souvent utilisé pour prolonger la durée d'affinage. Une réfrigération à 0 – 4° C assure un ralentissement plus marqué dans l'évolution du substrat sans toutefois arrêter totalement celle-ci. Dans ces conditions, la protéolyse est considérablement ralentie ; par contre, la lipolyse l'est moins.

Lorsqu'il est nécessaire de faire un report prolongé du fromage affiné, de l'ordre de quelques mois, il est possible de recourir à des traitements thermiques sévères comme la congélation et la stérilisation. Ces méthodes restent encore exceptionnelles et ne peuvent convenir indifféremment à tous les types et à toutes les qualités des fromages. Ainsi pour les fromages à pâte molle et à pâte fraîche, la congélation peut se faire à l'état non affiné ; au contraire, une congélation après affinage convient mieux pour des fromages de type pâte pressée.

Il est important de souligner que toute variation non contrôlée de la température chez le fabricant et au cours de la distribution accroît les risques de modification de la cinétique de l'affinage et des qualités organoleptiques du produit.

Il faut aussi considérer que beaucoup de fromages subissant des transformations rapides et importantes par voie fermentaire sont le siège d'un dégagement de calories. Lorsque ces fromages sont confinés dans une enceinte isotherme, l'élévation de température peut provoquer leur dégradation très rapide.

### III.3.2.4. Rôle de la composition de l'air

Pour les fromages affinés à l'aide de micro-organismes, il y a lieu d'adapter la composition de l'atmosphère des locaux à leurs besoins en oxygène.

D'une manière générale, les atmosphères confinées sont à proscrire dans tous les cas d'affinage à l'aide de micro-organismes aérobies stricts. De telles atmosphères rendent difficile la croissance de la flore souhaitée et favorisent le développement de micro-organismes indésirables. De ce fait, un renouvellement d'air par apport d'air neuf est indispensable. Il y a intérêt à filtrer celui-ci pour éviter le risque de contamination des locaux et des fromages.

Pour certains fromages à pâte molle et à pâte pressée affinés à l'aide de flores bactériennes très protéolytiques de type "rouge", la teneur en ammoniac de l'atmosphère doit être réglée, ce gaz contribue à la neutralisation de la surface des fromages jeunes et favorise le développement des fermentations du "rouge". Dans les locaux contenant des fromages affinés, l'ammoniac libéré, comme produit terminal de la protéolyse, est généralement présent en quantité suffisante.

Il est vraisemblable que divers autres composants à l'état gazeux interviennent dans le déroulement de l'affinage, mais aucune relation définie n'a encore été dégagée avec certitude à propos de leur incidence sur la qualité du fromage. De ce fait, ces divers facteurs d'ambiance sont encore actuellement le plus souvent intégrés de manière empirique par l'affineur qui les module en fonction de la qualité des lots de fromage, de leur évolution et de la charge des locaux.

### III.3.2.5. Rôle des soins

Au cours de l'affinage, un ensemble de traitements variés, retournements, lavages, frottages, enrobages, sont appliqués de manière sélective selon le type de fromage pour former à la périphérie du produit une zone d'aspect caractéristique, soit sèche, soit favorable au développement de flores spécifiques. Ces soins régularisent également l'aspect extérieur et la forme du fromage.

Pour les fromages comportant des moisissures, les soins sont surtout destinés à faciliter la croissance régulière du mycélium en maintenant une aération satisfaisante et permanente autour du fromage ; ainsi, les fromages à moisissures externes sont placés sur des supports aérés (claies, grilles), les fromages à moisissures internes sont piqués afin de créer des cheminées facilitant l'aération dans la masse de la pâte, de plus leur surface est raclée périodiquement pour éliminer les microflores obstruant l'entrée des cheminées.

Pour les fromages affinés à l'aide d'une flore bactérienne du "rouge", des lavages fréquents réalisés tous les deux à quatre jours sont nécessaires pour régulariser l'implantation et le développement de la flore. Pour éviter des déformations des fromages, consécutives à la plastification de la pâte par protéolyse, ceux-ci sont placés sur des supports rigides pleins, non perforés.

Pour les fromages dépourvus de microflores de surface, des frottages, des lavages, des brossages et des retournements réguliers sont opérés, l'affinage est réalisé sur supports rigides constitués le plus souvent de planches fixes ou mobiles. Par ailleurs, diverses techniques d'enrobage ont été développées pour ces fromages ; elles ont pour but, d'une part la diminution des pertes de poids par évaporation d'eau grâce à l'utilisation de films variés faiblement perméables (pellicules plastiques, cires, paraffines...), d'autre part, la réduction des soins employés conjointement à un traitement antifongique de surface. L'affinage sous vide répond aux mêmes buts.

D'une manière générale, les différents traitements réalisés au cours de l'affinage sont, par leur caractère répétitif, fastidieux et onéreux, aussi, au niveau des grandes unités de production, le travail de l'homme a été considérablement allégé par la mécanisation des opérations de transfert, par celle des soins et de l'emballage.

La dernière opération pratiquée avant commercialisation est l'emballage. Cette phase est particulièrement importante pour le devenir de la qualité du produit; celui-ci n'étant pas stabilisé, il continue à évoluer pendant le

temps de distribution ; aussi est-il recommandé pour ralentir ce processus, de mettre en place une chaîne du froid continue du fabricant jusque chez le consommateur.

Le choix des matériaux, leur mode d'association, doivent répondre aux fonctions classiques de l'emballage - rôle barrière de protection vis-à-vis des aléas mécaniques, chimiques et microbiologiques - rôle publicitaire concrétisé par une présentation attrayante, mais aussi reproduire des conditions d'ambiance (à l'exception de la température, si une réfrigération est appliquée) proches de celles de l'affinage ; la perméabilité à la vapeur d'eau et aux gaz est en ce sens primordiale pour éviter tout dessèchement et toute altération de saveur. En outre, il apparaît essentiel de surveiller les conditions de transport et de distribution, ainsi que la qualité des produits sur les lieux de vente.

---



#### CHAPITRE IV

#### MONOGRAPHIES DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE FROMAGES DU BASSIN MEDITERRANEEEN

##### FORMAGE

- NOM: ANARI PAYS: CHYPRE

##### - CARACTERISTIQUES

- Matière première Lactosérum de fromage à pâte dure mélangé à une petite quantité (1 à 15 %) de lait (chèvre - brebis)
- Type Coprécipité thermique de lactoprotéines sériques et de caséine

• Poids - forme	Poids: 0,2 – 0,3 kg. Forme parallélépipédique (L: 12 cm, 1: 9cm H: 6 cm) ou subhémisphérique ( $\varnothing$ : 20 cm, H: 10 cm)
• Aspect	Pâte assez homogène avec rares trous et sans croûte
• Matière sèche	30 – 50 %
• Matière grasse	10 – 30 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation variable selon l'origine du lactosérum et le pourcentage de lait ajouté
• Traitement thermique	Néant
• Maturation	15 – 30 mn

### - COAGULATION

• Type	Précipitation par chauffage sans usage des auxiliaires classiques de coagulation
• Acidité	12 – 30° D
• Température	Montée progressive (2° C/mn) à 70 – 90° C sous agitation douce
• Temps de flocculation	Début flocculation après 25–35 mn
• Temps de coagulation totale	40 – 60 mn jusqu'à flottement complet du précipité

### - EGOUTTAGE

04/11/2011

• Type	La fromagerie et les variétés de froma...
• Chronologie des traitements	Egouttage accentué par chauffage et par léger pressage
Tranchage	Tranchage correspondant à la taille des agrégats formés à la précipitation
Moulage	Moulage manuel en toile ou en paniers tressés
Pressage	Pressage faible pendant 30 mn après moulage sur toile. Pas de pressage après moulage en moules
Découpage	Après pressage, découpage du pain de fromage en portions parallélépipédiques
Salage	
Mode	Salage par la surface et à sec pour fromages pressés seulement. Pas de salage pour fromages égouttés en moule
Taux de sel	3 – 5 %

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage sans affinage consommé à l'état frais
• Rendement fromager	15 à 30 kg/100 kg mélange lactosérum-lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers, pellicules plastiques
• Température de conservation	5 – 10° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage ANARI est consommé principalement sous forme d'ingrédients dans des préparations alimentaires variées.

**FROMAGE**

- NOM: ARAGON

PAYS: ESPAGNE

**- CARACTÉRISTIQUES**

- Matière première Lait de brebis seul ou en mélange à du lait de chèvre
- Type Pâte molle et ferme
- Poids - forme Poids: 0,6 – 1,5 kg. Forme de pain: Ø: 12 – 18 cm, H: 7 – 8 cm
- Aspect Croûte ferme, lisse, parfois irrégulière, de couleur blanc-jaune. Pâte ferme avec petits trous irréguliers et fissures
- Matière sèche 57 – 62 %
- Matière grasse 54 – 58 %

**TECHNOLOGIE****- PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE**

- Ajustement matière grasse Néant
- Traitement thermique Néant
- Maturation 8 – 12 h pour le lait de la traite du soir

**- COAGULATION**

- Type Coagulation à caractère mixte à légère dominante enzymatique
- Auxiliaires de coagulation

04/11/2011

## La fromagerie et les variétés de froma...

chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Fleurs de chardons ou présure liquide (f: 1/10.000): 22–28 ml/100 kg lait
• Acidité	18 – 22° D
• Température	35 – 36° C
• Temps de flocculation	10 – 15 mn
• Temps de coagulation totale	25 – 40 mn

### - EGOUTTAGE

• Type	Egouttage accentué par tranchage et pressage faible
• Chronologie des traitements	
Tranchage	Tranchage manuel en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)
Moulage	Après décantation des grains, broyage et mise en moules. Pressage manuel et égouttage pendant 12 – 16 h
Salage	
Mode	Salage par la surface à sec (T: 16 – 20° C, t: 2 – 3 jours)
Taux de sel	1,7 – 2,8 %

### - AFFINAGE

• Type	Fromage affiné à l'air
• Température	15 – 25° C
• Humidité relative	60 – 80 %
• Durée	8 – 20 jours
• Rendement fromager	22 – 26 kg/ 100 kg lait

### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papier
- Température de conservation 5 – 8° C

### OBSERVATIONS

Le fromage ARAGON est encore appelé TRONCHON.

### FROMAGE

- NOM: ASIAGO DA ALLIEVO PAYS: ITALIE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Fromage à pâte dure
- Poids - forme Poids: 8 – 14 kg  
Meule plate: Ø: 42 – 45 cm  
H: 8 – 12 cm
- Aspect Croûte jaune, sèche et lisse. Pâte avec nombreux trous d'origine fermentaire (Ø 0,5 – 1 cm)
- Matière sèche 59 – 82 %
- Matière grasse 36 %

### TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation par écrémage partiel
- Traitement thermique Néant
- Maturation 6 – 24 h

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport de mésophiles et thermophiles sous forme de sérum acidifié
  - enzyme coagulante Présence en pâte, liquide ou en poudre (f: 1/100.000):1,8 – 2,5 g/100 kg lait
- Acidité 18 – 20° D
- Température 30 – 36° C
- Temps de floculation 8 – 15 mn
- Temps de coagulation totale 20 – 35 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage, brassage et chauffage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)
  - Brassage Agitation modérée avec montée progressive en température à 46° C en 10 à 20 mn et brassage final pendant 10 à 15

Moulage	mn Decantation des grains pendant 15 mn, puis extraction à l'aide d'une toile et mise en moules
Pressage	Pressage énergique pendant 1 – 2 h pendant 3 – 5 jours à 12 – 15° C
Salage	
Mode	Salage par la surface à sec ou en saumure
Durée	Salage à sec: 12 – 15 jours - salage en saumure: C: 28 % NaCl - T: 15° C - t: 3 – 4 jours
Taux de sel	1,8 – 2,5 %

#### - AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 10 – 12° C
- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée Fromage à couper: 90 – 180 jours  
Fromage à râper: 250 – 550 jours
- Rendement fromager Fromage à couper: 7,5 – 8 kg/100 kg lait  
Fromage à râper: 6,8 – 7,3 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers - pellicules plastiques
- Température de conservation 2 – 6° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage ASIAGO est fabriqué à l'origine à l'aide de lait de brebis dans la haute vallée de l'ASIAGO. Aujourd'hui, ces fromages typiques et traditionnels sont proposés selon diverses appellations: VECCHIO DI MONTAGNA - ASIAGO USO PECORINO ou PECORINO D'ASIAGO FROMAGE

- NOM: ASIAGO GRASSO DI PAYS: ITALIE  
MONTE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- |                    |   |
|--------------------|---|
| • Matière première | Lait de vache   |
| • Type             | Fromage à pâtedure  |
| • Poids - forme    | Poids: 13 kg - Meule plate: Ø: 38 – 42 cm - H: 11 – 13 cm                           |
| • Aspect           | Croûte sèche lisse - Pâte avec nombreux trous d'origine fermentaire (Ø: 0,6 – 1 cm) |
| • Matière sèche    | 59 – 82 %   |
| • Matière grasse   | 45 – 52 %   |

# TECHNOLOGIE

## - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| • Ajustement matière grasse | Pas de standardisation (utilisation de lait entier) |
| • Traitement thermique      | Néant   |
| • Maturation                | Néant   |

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante

• Auxiliaires de coagulation	Néant
chlorure de calcium	
levains lactiques	Apport de mésophiles et thermophiles sous forme de sérum acidifié
enzyme coagulante	Présure en pâte, liquide ou en poudre (f: 1/100.000): 1,8 – 2,5 g/100 kg lait
• Acidité	16° D
• Température	35 – 36° C
• Temps de flocculation	8 – 15 mn
• Temps de coagulation totale	25 – 35 mn

#### - EGOUTTAGE

• Type	Egouttage accentué par tranchage, brassage et chauffage
• Chronologie des traitements	
Tranchage	Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,5 – 1 cm)
Brassage	Agitation modérée avec montée progressive en température à 45°C en 15 à 20 mn et brassage final pendant 10 – 15 mn
Moulage	Décantation des grains, puis extraction et mise en moules
Pressage	Pressage énergique pendant 1 à 2 heures
Ressuyage	Acidification et ressuyage 3 – 5 jours à 20 – 22° C
Salage	
Mode	Salage par la surface à sec pendant 10 à 15 jours
Taux de sel	18 – 20 %

#### - AFFINAGE

04/11/2011

## La fromagerie et les variétés de fromage...

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Température	19 – 21 ° C
• Humidité relative	85 – 90 %
• Durée	40 – 50 jours
• Rendement fromager	11,5 – 12,5 kg/100 kg de lait

### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers - pellicules plastiques
• Température de conservation	2 – 6° C

## OBSERVATIONS

Le fromage ASIAGO GRASSO DI MONTE est fabriqué pendant la saison estivale de juin à septembre à partir de lait frais provenant des animaux transhumant alors sur les alpages.

## FROMAGE

- NOM: BEAUFORT PAYS: FRANCE

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de vache
• Type	Pâte pressée et cuite
• Poids - forme	Poids: 13 – 70 kg - Forme cylindrique: Ø: 30 – 75 cm, H: 9 – 16 cm
• Aspect	Croûte sèche et dure, de couleur jaune crème. Pâte ferme, compacte avec de rares trous (Ø: 0,4 – 0,5 cm) résultant

La fromagerie et les variétés de fromage...  
de la fermentation propionique

- Matière sèche 63 – 65 %
- Matière grasse 50 – 52 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation par écrémage naturel
- Traitement thermique Néant
- Maturation 8 – 12 h pour le lait de la traite du soir (T: 8 – 12 ° C)

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique prédominante
- Auxiliaires de coagulation chlorure de calcium Néant
- levains lactiques Apport de mésophiles et de thermophiles (0,5 - 1 kg/100 kg lait) sous forme de lactosérum acidifié
- enzyme coagulante Présure naturelle ou commerciale (f: 10/10.000): 15 – 22 ml/100 kg lait
- Acidité 16 – 18 ° D
- Température 28 – 32° C
- Temps de flocculation 15 – 25 mn
- Temps de coagulation totale 45 – 65 mn

04/11/2011

## La fromagerie et les variétés de froma...

### - EGOUTTAGE

- Type
- Chronologie des traitements

#### Tranchage

Egouttage accéléré par tranchage, brassage, chauffage et pressage

Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)

Agitation modérée en 3 phases:

1ère phase: Décantation des grains après tranchage (t: 10 – 15 mn)

2ème phase: Montée en température à 53 – 55° C en 30 mn

3ème phase: Brassage final (t: 15 – 40 mn)

Décantation des grains, puis extraction et moulage

#### Brassage

Pressage mécanique pendant 24 h

#### Moulage

Refroidissement avant salage (T: 10 – 15° C, t: 24 h)

#### Refroidissement

#### Salage

Refroidissement avant salage (T: 10 – 15° C, t: 24 h)

#### Mode

Salage par la surface à sec (t: 10 jours) ou en saumure (C:

25 – 26 % - T: 10 – 15° C - t: 24 h)

#### Taux de sel

1,6 – 1,8 %

### - AFFINAGE

- Type
- Température
- Humidité relative
- Durée
- Rendement fromager

Fromage avec affinage à l'air

10 – 15° C

85 – 90 %

90 – 200 jours

9 – 9,5 kg/100 kg lait

## - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers, pellicules plastiques
  - Température de conservation 4 – 12 ° C

## OBSERVATIONS

Le fromage BEAUFORT ou GRUYERE DE BEAUFORT est fabriqué exclusivement dans une aire géographique délimitée des départements de SAVOIE et HAUTE-SAVOIE dans les Alpes françaises. La production est réalisée essentiellement dans des fermes d'altitude (BEAUFORT DE MONTAGNE), mais peut être élaborée également en laiterie (BEAUFORT LAITIER). Le BEAUFORT est un des plus anciens fromages connus depuis le début du Moyen Age.

FROMAGE

- NOM: BELLOS PAYS: ESPAGNE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- |                    |   |
|--------------------|---|
| • Matière première | Lait de brebis et de chèvre seul ou en mélange                  |
| • Type             | Pâte dure   |
| • Poids - forme    | Poids: 0,45 – 0,75 kg. Forme cylindrique: Ø: 11 cm, H: 4 – 8 cm |
| • Aspect           | Croûte dure, jaune sombre. Pâte ferme, blanche sans trous       |
| • Matière sèche    | 72 – 74 %   |
| • Matière grasse   | 49 – 51 %   |

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Néant
- Traitement thermique Néant
- Maturation 8 – 12 h pour le lait de la traite du soir

### - COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Néant
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 18 – 22 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 22° D
- Température 30 – 35° C
- Temps de flocculation 20 – 60 mn
- Temps de coagulation totale 120 – 240 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage manuel en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)
  - Moulage Après décantation des grains, mise en moules et égouttage pendant 24 h à 22 – 25° C sans pressage
  - Salage

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

Mode

Salage par la surface à sec (T: 18 – 22° C, t: 2 – 3 jours)

Taux de sel

2 – 3 %

- AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 18 – 22° C
- Humidité relative 60 – 80 %
- Durée 30 jours
- Rendement fromager Fromages frais: 23 – 28 kg/100 kg lait  
Fromages affinés: 10 – 15 kg/100 kg lait

- EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers
- Température de conservation 4 – 12° C

OBSERVATIONS

Le fromage BELLOS est encore appelé QUESO BELLUSCO.

La teneur en matière sèche élevée du fromage résulte à la fois de l'égouttage proprement dit et d'une évaporation importante de l'eau pendant l'affinage, liée à la faible hygrométrie des locaux et à un traitement de fumage généralement appliqué.

FROMAGE

- NOM: BEYAZ PEYNIRI PAYS: TURQUIE

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de brebis seul ou mélangé à du lait de chèvre, de vache et (ou) de bufflesse
• Type	Pâte pressée et affinée en saumure
• Poids - forme	Poids: 0,5 kg. Forme cubique: c: 7,5 cm
• Aspect	Croûte lisse, fine et humide sans micro flore. Pâte homogène sans trous
• Matière sèche	35 – 55 %
• Matière grasse	25 – 70 %

### TECHNOLOGIE

#### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

• Ajustement matière grasse	Néant ou standardisation
• Traitement thermique	Néant ou pasteurisation: T: 60 – 75° C, t: 0,5 – 15 mn
• Maturation	15 – 30 mn

#### - COAGULATION

• Type	Coagulation à caractère mixte et équilibré
• Auxiliaires de coagulation	Apport facultatif après pasteurisation
chlorure de calcium	Apport facultatif après pasteurisation
levains lactiques	Présure (f: 1/10.000): 20 – 25 ml/100 kg lait
enzyme coagulante	

• Acidité	$28 = 35^{\circ}\text{D}$
• Température	
• Temps de flocculation	10 – 30 mn
• Temps de coagulation totale	90 – 150 mn

#### - EGOUTTAGE

• Type	Egouttage accentué par tranchage et pressage
• Chronologie des traitements	
Trauchage	Tranchage en cubes réguliers (c: 2 cm)
Repos	Repos après tranchage pendant 0 à 30 mn
Moulage	Transfert manuel dans toile
Pressage	Pressage en vrac après 30 mn d'égouttage naturel et jusqu'à arrêt de la synéthèse (1 à 4 h)
Découpage	Découpage de la masse de fromage en cubes réguliers
Salage	
Mode	Salage par la surface et en saumure (C: 14 – 16 % NaCl, t: 4 – 6 h)
Taux de sel	3 – 7 %
• Traitement après salage	Conditionnement des portions en bidons métalliques pour affinage en saumure (V: 25 % vol. containers. C: 12 – 14 % NaCl)

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage en saumure
• Température	2 – 5° C

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 120 – 180 jours
- Rendement fromager 28 – 30 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers, pellicules plastiques
- Température de conservation 2 – 5° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage BEYAZ PEYNIRI est encore dénommé SALAMURA PEYNIRI ou TENEKE PEYNIRI ou EDIRNE PEYNIRI.

Lorsque l'affinage est réalisé à température élevée, > 5° C, une diminution sensible des rendements apparaît, l'égouttage se poursuivant dans le milieu de conservation.

Le fromage OTLU VAN PEYNIRI possède une technologie voisine de celle du BEYAZ PEYNIRI, toutefois le salage est réalisé à l'aide de sel sec mélangé à des herbes qui lui confèrent son particularisme.

#### FROMAGE

- NOM: BLEU D'AUVERGNE PAYS: FRANCE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Pâte persillée
- Poids - forme Poids: 2,0 – 2,5 kg. Forme cylindrique: Ø: 20 cm - H: 8 – 10 cm

• Aspect	Croûte plus ou moins sèche, jaune à gris-bleu. Pâte jaune clair veinée des moisissures bleues. Flaveur aromatique et piquante caractéristique
• Matière sèche	50 – 52 %
• Matière grasse	40 – 55 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation
• Traitement thermique	Néant
• Maturation	Acidification naturelle pour le lait de la traite du soir (t: 8 – 12 h. T: 8 – 12° C)

### - COAGULATION

• Type	Coagulation à caractère mixte équilibré
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Apport facultatif (5 – 10 g/100 kg lait)
levain fongique	Apport de spores de <u>Penicillium glaucum</u>
levains lactiques	Apport facultatif de mésophiles en hiver (0,5 – 1 % kg/100 kg lait)
enzyme coagulante	Présure (f: 1/10.000): 15 – 25 ml/100 kg lait
• Acidité	23 – 25° D
• Température	28 – 32° C
• Temps de flocculation	20 – 30 mn

- Temps de coagulation totale

60 – 120 mn

#### - EGOUTTAGE

- Type
- Chronologie des traitements

Tranchage

Egouttage accéléré par tranchage

Brassage

Tranchage en cubes ou en lanières (c: 3 – 5 cm)

Brassage discontinu et faible avec repos intermédiaire (t: 15 – 30 mn)

Moulage

Transfert des grains pour égouttage en vrac sur chariot équipé de toile (t: 15 – 30 mn) Moulage manuel après effritement de la pâte et inoculation de spores de P. glaucum

Pressage

Pas de pressage mécanique, autopressage de la pâte et égouttage naturel (t: 3 – 4 jours) (T: 20 – 22° C)

Salage

Salage à sec par la surface (t: 4 – 6 jours) (T: 10 – 12° C)

2,5 – 4 %

Mode

Taux de sel

- Traitement après salage

Piquage du fromage pour favoriser le développement interne du Penicillium

#### - AFFINAGE

- Type
- Température
- Humidité relative
- Durée

Fromage affiné à l'air

8 – 10 ° C

90 – 95 %

30 – 60 jours

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Rendement fromager 9 – 11,5 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Feuilles d'aluminium, pellicules plastiques
- Température de conservation 0 – 2° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage BLEU D'AUVERGNE fait partie de la catégorie des BLEUS FORTS pour lesquels l'acidification lactique est importante. Au sein de ce groupe, il existe de nombreuses autres variétés de Bleus, produits dans diverses régions du Centre de la France, dont la technologie et les caractéristiques organoleptiques sont proches de celles du BLEU D'AUVERGNE, seules les normes morphologiques et pondérales en diffèrent. Parmi ceux-ci citons: BLEU DE L'AUBRAC - BLEU DE L'AVEYRON - BLEU DE BASILLAC - BLEU DE LAQUEUILLE - BLEU DES CAUSSES - BLEU DU QUERCY - BLEU DU VELAY.

Par ailleurs, il existe un autre groupe de fromages BLEUS pour lesquels le caractère lactique est moins marqué; il s'agit des BLEUS DOUX dont les principaux types sont fabriqués pour la plupart dans ou au voisinage des massifs montagneux du Jura, des Alpes, du Massif Central et des Pyrénées. Les principaux fromages représentatifs de cette catégorie sont: BLEU DE GEL - SEPTOMONCEL - BLEU DU HAUT JURA - BLEU DE SASSENAGE - BLEU DE BRESSE.

Il convient de remarquer que tous les fromages BLEUS précités sont élaborés à partir de lait de vache mais que plusieurs autres variétés soit préparées soit avec du lait de chèvre (voir Fromage de Chèvre) comme le PERSILLE DE LA CLUSAZ, le PERSILLE DE THONES, le PERSILLE DU GRAND-BORNAND, soit avec du lait de brebis comme le ROQUEFORT et le BLEU DE CORSE.

#### FROMAGE

- NOM: BRINZA PAYS: ISRAEL

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de brebis, parfois mélangé à du lait de vache ou (et) de chèvre
• Type	Pâte pressée affinée en saumure
• Poids - forme	Poids: 0,3 – 1 kg. Forme carrée: L: 8 cm - H: 7 – 8 cm
• Aspect	Pâte assez homogène et friable avec nombreux petits trous d'origine mécanique et fermentaire
• Matière sèche	45 – 50 %
• Matière grasse	45 %

### TECHNOLOGIE

#### - PRÉPARATION DE LA MATERIAU PREMIER

• Ajustement matière grasse	Standardisation facultative
• Traitement thermique	Pasteurisation: T: 72 – 85° C, t: 15–30 s
• Maturation	Pas de maturation

#### - COAGULATION

• Type	Coagulation mixte par voies enzymatique et acide
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Apport de mésophiles: 0,5 – 1 %
enzyme coagulante	Présure: (f: 1/10.000): 15 à 30 ml/100 kg lait
• Acidité	19 – 21° D

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Température 28 – 29° C
- Temps de flocculation 20 – 40 mn
- Temps de coagulation totale 60 – 90 mn

- EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage et pressage

- Chronologie des traitements

Tranchage

Tranchage en cubes de 2,5 cm, repos 10 mn

Moulage

Mise en moules carrés (66 × 33 × 11 cm) ou moulage en toile réalisé directement sans tranchage préalable

Pressage

Léger pressage pendant 2 – 3 h

Découpage

Découpe en portions cubiques

Salage

Salage par la surface en saumure (C: 8 – 10 % NaCl, t: 2 – 5 jours)

Mode

Fromage frais: 3 – 5 %

Fromage affiné: 7 – 9 %

- Traitement après salage Conditionnement du fromage destiné à l'affinage en bidons métalliques contenant une saumure (C: 14 % NaCl - V: 20 % vol. bidon)

- AFFINAGE

- Type Affinage en saumure

- Température 14 – 16° C

- Humidité relative 85 – 95 %

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Durée 90 – 200 jours
- Rendement fromager 25 – 33 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers - Pellicules plastiques
- Température de conservation 4 – 8 ° C

#### OBSERVATIONS

Le terme BRINZA est un terme générique signifiant “fromage” utilisé en ROUMANIE pour désigner plusieurs variétés de fromages; ces produits sont donc différents du fromage BRINZA produit en ISRAEL.

#### FROMAGE

- NOM: BURGOS PAYS: ESPAGNE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de brebis
- Type Pâte fraîche
- Poids - forme Poids: 1 – 2 kg. Forme cylindrique: Ø: 10 – 15 cm, H: 5 – 7 cm
- Aspect Fromage sans croûte: pâte humide sans trous
- Matière sèche 32 – 35 %
- Matière grasse 58 – 60 %

#### TECHNOLOGIE

#### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Néant (utilisation de lait entier)
- Traitement thermique Néant (utilisation de lait cru)
- Maturation Néant (utilisation de lait très frais)

#### - COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte et équilibré
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Néant
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 18 – 22 ml/100 kg lait
- Acidité 16 – 18° D
- Température 31 – 33° C
- Temps de floculation 20 – 30 mn
- Temps de coagulation totale 60 – 80 mn

#### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage, et chauffage léger
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en cubes réguliers (c: 2 – 3 cm)
  - Brassage Brassage faible avec montée en température à 38° C
  - Moulage Mise en moules en terre avec pressage manuel faible - Egouttage 16 – 24 h

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

Salage	Salage par la surface en saumure (c: 20 – 24 % NaCl, T: 12 – 14° C, t: 4 – 5 jours)
Mode	
Taux de sel	2,5 – 3 %

#### - AFFINAGE

- Type Fromage sans affinage, consommé à l'état frais
- Rendement fromager 25 – 32 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers imperméables - Boîtes bois
- Température de conservation 4 – 6° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage BURGOS tire son appellation de la ville du même nom. Plusieurs autres fromages espagnols (PUZOL - CERVERA - VILLALON) possèdent une technologie voisine de celle du BURGOS, des différences mineures existant au niveau de l'extrait sec et de la teneur en sel du produit égoutté.

#### FROMAGE

- NOM: CABRA DE CADIZ PAYS: ESPAGNE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de chèvre
- Type Pâte demi-dure légèrement affinée  
Poids: 1,5 kg. Forme cylindrique: Ø: 20 – 35 cm, H: 10 – 15

• Poids - forme	cm
• Aspect	Croûte blanche, dure, irrégulière. Pâte ferme, blanche avec petits trous ( $\varnothing$ : 3 – 5 mm) d'origine fermentaire au centre de la meule
• Matière sèche	55 – 58 %
• Matière grasse	50 – 55 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Néant (utilisation de lait entier)
• Traitement thermique	Néant (utilisation de lait cru)
• Maturation	8 – 12 h pour le lait de la traite du soir

### - COAGULATION

• Type	Coagulation par voie enzymatique dominante
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Présure (f: 1/10.000): 20 – 25 ml/100 kg lait
• Acidité	18 – 20° D
• Température	30 – 32° C
• Temps de flocculation	15 – 20 mn
• Temps de coagulation totale	30 – 40 mn

**- EGOUTTAGE**

- Type Egouttage accentué par tranchage et par léger pressage
- Chronologie des traitements
- Tranchage Tranchage en cubes réguliers (c: 2 – 5 cm)
- Brassage Agitation douce pendant 15 – 20 mn
- Moulage Pressage manuel du caillé, puis mise en moules (genêts tressés)
- Salage Salage en moules par la surface et à sec, suivi d'un séjour en moules de 24 à 48 h.
- Taux de sel 1,3 – 1,8 %

**- AFFINAGE**

- Type Fromage avec affinage à l'air de courte durée
- Température 10 – 18° C
- Humidité relative 70 – 80 %
- Durée 3 – 5 jours
- Rendement fromager 12 – 15 kg/100 kg lait

**- EMBALLAGE - CONSERVATION**

- Type d'emballage Papiers
- Température de conservation 4 – 8° C

**OBSERVATIONS**

Plusieurs autres variétés de fromages de chèvre, fabriquées dans différentes régions d'Espagne, possèdent une technologie voisine de celle du CADIZ, seules les caractéristiques de composition en matière sèche et en matière grasse diffèrent dans la mesure où un écrémage partiel du lait entier peut intervenir et où l'égouttage peut être modulé par un tranchage et un pressage plus ou moins importants.

Il convient de noter que pour tous ces fromages, et en particulier pour le fromage de CADIZ, une évaporation importante de l'eau intervient pendant l'affinage d'où l'obtention d'un extrait sec assez élevé et parfois d'une croûte notable. A titre indicatif, nous avons résumé dans le tableau ci-après les caractéristiques des fromages concernés:

	Matière sèche %	Matière grasse %	Affinage (jours)
CABRA DE ALICANTE	40	37	0 – 2
CABRA DE MALAGA	48	58	5
CABRA DE SORIA	47	55	8
CABRA DE VALDETAJA	50	72	15 – 25
CAMERANO	37	45	8

Ces fromages sont pour la plupart consommés directement après affinage, mais certains peuvent être conservés plusieurs mois par immersion dans l'huile d'olive comme par exemple le CABRA de MALAGA.

## FROMAGE

- NOM: CABRALES PAYS: ESPAGNE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache, parfois lait de brebis
- Type Pâte persillée

• Poids - forme	Poids: 1 – 5 kg. Forme de meule: Ø: 20 – 30 cm, H: 7 – 15 cm
• Aspect	Croûte grise avec feuilles d'érable. Pâte ferme veinée de moisissures bleues
• Matière sèche	65 – 70 %
• Matière grasse	44 – 46 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Néant (utilisation de lait entier)
• Traitement thermique	Néant (utilisation de lait cru)
• Maturation	8 – 12 h pour le lait de la traite du soir

### - COAGULATION

• Type	Coagulation à caractère mixte
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Présure (f: 1/10.000): 18 – 22 ml/100 kg lait
• Acidité	20 – 24° D
• Température	28 – 35° C
• Temps de flocculation	30 – 60 mn
• Temps de coagulation totale	90 – 180 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage légèrement accéléré par tranchage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 1 – 2 cm)
  - Brassage Agitation discontinue pendant 10 à 20 mn
  - Moulage Après décantation des grains, émiettage et mise en moules avec inoculation de spores de Penicillium glaucum.  
Egouttage pendant 24 – 48 h à 20 – 25° C
  - Salage Salage par la surface à sec (T: 14 – 16° C, t: 2 à 3 jours)
  - Mode 2 – 3%
  - Taux de sel
- Traitement après salage Piquage du fromage pour favoriser le développement interne de Penicillium

### - AFFINAGE

- Type Fromage affiné à l'air en cave naturelle
- Température 5 – 10° C
- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 150 – 180 jours
- Rendement fromager 13 – 15 kg/100 kg lait

### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Feuilles d'érable - feuilles d'aluminium

- Température de conservation

0 – 4° C

## OBSERVATIONS

Le fromage CABRALES est originaire de la province des Asturias; il prend des dénominations variées selon le lieu de production (TRESVISO - LEBENA - PENNARUBIA - PICON). Le GAMONEDO est un fromage semblable au CABRALES fabriqué en Espagne.

## FROMAGE

- NOM: CACIOCAVALLO PAYS: ITALIE

### - CARACTERISTIQUES

• Matière première	Lait de vache seul ou en mélange au lait de brebis
• Type	Pâte dure et filée
• Poids - forme	Poids: 1,5 – 3 kg - Forme sphérique ou ovale
• Aspect	Croûte mince, lisse, de couleur jaune d'or. Pâte ferme sans trous
• Matière sèche	60 – 70 %
• Matière grasse	45 – 48 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation par écrémage naturel
• Traitement thermique	Néant (utilisation de lait cru)

Pendant la phase de repos nécessaire à l'écrémage naturel

### - COAGULATION

- Maturation
- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport de mésophiles et de thermophiles sous forme de lactosérum acidifié (1 kg/100 kg lait)
  - enzyme coagulante Présure en Pâte (chevreau, veau): 45 – 60 g/100 kg lait ou présure liquide (veau), f: 1/10.000: 20 – 25 g/100 kg lait
- Acidité 16 – 18° D
- Température 35 – 38° C
- Temps de flocculation 8 – 12 mn
- Temps de coagulation totale 20 – 22 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage, par brassage et par cuisson
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,5 – 1 cm)
  - Brassage Agitation modérée pendant 10 – 15 mn, puis montée en température à 48 – 52° C après extraction partielle du sérum.
  - Repos Décantation des grains pendant 10 – 15 mn, puis extraction du sérum restant

Pressage	Pressage léger de la masse de caillé à chaud (t: 20 – 40 mn - T: 42 - 45° C)
Maturation	Découpe de la masse de caillé en blocs et maturation à 25 – 26° C pendant 4 à 6 h jusqu'à pH = 4,9 – 5,2
Découpe	Après maturation, découpe des blocs de caillé en petites tranches de 1 cm d'épaisseur
Cuisson	Cuisson et malaxage du caillé par immersion dans l'eau chaude (70 – 85° C) pendant 15 – 20 mn
Moulage	Moulage à chaude et refroidissement pendant quelques heures (variable selon le format)
Salage	Salage par la surface en saumure (C: 20 – 22 % NaCl - T: 14 – 16° C - t: 24 – 48 h)
Taux de sel	1 – 2 %

#### - AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 1ère phase: T: 22 – 24° C, t: 5 – 8 jours  
2ème phase: T: 14 – 16° C, t: 2 – 10 mois
- Humidité relative 80 – 85 %
- Durée Fromage de table: 2 – 3 mois  
Fromage à râper: 2 – 12 mois
- Rendement fromager 7,5 – 9 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Enductions paraffiniques

- Température de conservation

4 – 10° C

## OBSERVATIONS

La technologie du CACIOCAVALLO est très proche de celle du PROVOLONE; il existe différentes variantes de ce fromage dénommées CASIOGIOLU, PANEDDA et PERA DI VACCA.

## FROMAGE

- NOM: CACIOTTA PAYS: ITALIE

### - CARACTERISTIQUES

• Matière première	Lait de brebis, de vache, seuls ou en mélange
• Type	Pâte molle
• Poids - forme	Poids: 0,2 – 2 kg - Forme cylindrique
• Aspect	Croûte fine, lisse, lavée. Pâte blanche assez consistante
• Matière sèche	45 – 50 %
• Matière grasse	42 – 44 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation
• Traitement thermique	Pasteurisation: T: 68° C - t: 1 – 5 mn
• Maturation	15 à 30 mn

- COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte équilibré
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport de mésophiles et de thermophiles (3 – 5 %)
  - enzyme coagulante Présure en pâte ou en poudre
- Acidité 17 – 19° D
- Température 35 – 41° C
- Temps de flocculation 8 – 10 mn
- Temps de coagulation totale 20 – 30 mn

- EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,5 – 1 cm) et repos de 10 à 20 mn
  - Moulage Mise en toiles pendant 1 à 2 h, puis moulage en moules suivie d'égouttage pendant 8 – 10 h à 28 – 30° C
  - Salage
  - Mode Salage par la surface en saumure
  - Taux de sel 1,8 – 2 %

- AFFINAGE

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Humidité relative	85 – 90 %
• Durée	30 – 40 jours
• Rendement fromager	20 – 24 kg/100 kg lait de brebis 11 – 12 kg/100 kg lait de vache

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers, feuilles d'aluminium
• Température de conservation	0 – 4° C

#### OBSERVATIONS

Diverses variantes du fromage CACIOTTA sont encore appelées CACIOTTINA et CACIOTTELLA.

#### FROMAGE

- NOM: CAMEMBERT PAYS: FRANCE

#### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de vache
• Type	Pâte molle fleurie
• Poids - forme	Poids: 0,08 – 0,35 kg. Forme cylindrique: Ø: 6,5 – 11,5 cm, H: 2 – 3,5 cm
• Aspect	Croûte fine avec moisissure blanche ( <u>Penicillium camemberti</u> ) sous forme de feutrage homogène. Pâte assez hétérogène et cassante et à goût acidulé pour fromages jeunes. Pâte homogène onctueuse et à goût légèrement

La fromagerie et les variétés de fromage...  
ammoniacal pour produit affiné

- Matière sèche 45 – 50 %
- Matière grasse 45 – 75 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation par écrémage ou par apport de crème (fromages très gras)
- Traitement thermique Pasteurisation (T: 72° C – 76° C, t: 15 – 30 s)  
t: 10 – 30 mn à T: 33 – 35° C  
t: 8 – 16 h à T: 4 – 8° C
- Maturation

### - COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte et équilibré
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Apport de 0,1 – 10 g/100 kg lait
  - levain fongique Apport de spores de P. camemberti
  - levains lactiques Apport de mésophiles: 1 – 2 kg/100 kg lait
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 22 – 30 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 20° D
- Température 31 – 35° C
- Temps de flocculation 8 – 15 mn
- Temps de coagulation totale 30 – 60 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accéléré par tranchage et par pressage
- Chronologie des traitements
- Tranchage Tranchage en cubes réguliers ( $\varnothing$ : 1,5 – 4 cm)
- Moulage Mise en moules mécanisée 20 à 30 mn après tranchage
- Pressage Egouttage naturel et acidification en moules (T: 22 – 28° C - t: 16 – 24 h): Régularisation de la forme et du drainage du sérum par 3 à 4 retournements
- Salage
- Mode Salage par la surface, à sec ou en saumure (C: 24 – 26 % NaCl, T: 12 – 14° C, t: 30 – 45 mn)
- Taux de sel 1,8 – 2,5 %
- Traitement après salage Inoculation de spores de P. camemberti par pulvérisation en surface de spores. Séchage de la croûte (ressuyage) (T: 15 – 18° C, t: 1 – 2 jours, H: 75 – 80 %)

### - AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 12 – 14° C
- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 10 – 15 jours
- Rendement fromager 10,5 – 14 kg/100 kg lait

### - EMBALLAGE - CONSERVATION

La fromagerie et les variétés de froma...

- Type d'emballage Papiers et complexes enduits de cire.  
Boîtes en carton ou en bois
  - Température de conservation 2 – 6° C

## OBSERVATIONS

Le fromage CAMEMBERT est fabriqué principalement dans la partie septentrionale du pays. Les procédés utilisés sont divers, mais la plupart présentent un degré de mécanisation élevé et éloigné des procédés artisanaux. Les produits obtenus s'en différencient également par des caractères organoleptiques peu typés et neutres résultant à la fois de la pasteurisation préalable du lait et de la durée d'affinage réduite.

## FROMAGE

- NOM: CAMEMBERT FERMIER PAYS: FRANCE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- |                    |  |
|--------------------|--|
| • Matière première | Lait de vache  |
| • Type             | Pâte molle fleurie   |
| • Poids - forme    | Poids: 0,08 – 0,33 kg. Forme cylindrique Ø: 6,5 – 11,5 cm, H: 2 – 3,5 cm   |
| • Aspect           | Croûte fine avec moisissure blanche ( <u>Penicillium camemberti</u> ) et taches rougeâtres ( <u>Brevibacterium lines</u> ). Pâte homogène, onctueuse à saveur légèrement ammoniacale avec petits trous (Ø: 3 – 5 mm d'origine fermentaire) |
| • Matière sèche    | 45 – 47 %  |
| • Matière grasse   | 45 – 55 %  |

## TECHNOLOGIE

## - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation par écrémage naturel ou centrifuge
- Traitement thermique Néant. Parfois thermisation: T: 60 – 63° C - t: 15 – 30 s
- Maturation 15 à 120 mn

## - COAGULATION

- Type Coagulation à type mixte et à légère prédominance lactique
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Apport facultatif après thermisation (0,1 – 5 g/100 kg lait)
  - levain fongique Apport de spores de P. camemberti
  - levains lactiques Apport saisonnier en hiver: 3 kg/100 kg lait
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 10 – 15 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 25° D
- Température 28 – 30° C
- Temps de flocculation 20 – 45 mn
- Temps de coagulation totale 60 – 120 mn

## - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accéléré par tranchage
- Chronologie des traitements Tranchage au sabre en lanières de sections irrégulières (c:
- Tranchage

	La fromagerie et les variétés de froma...
Moulage	8 – 30 cm) Mise en moules manuelle à l'aide de louche 20 à 30 mn après tranchage
Pressage	Egouttage naturel et acidification en moules (T: 20 – 25° C, t: 24 – 36 h). Régularisation de la forme et du drainage du sérum par 4 – 8 retournements et par pressage léger pendant les dix dernières heures (plaquage)
Salage	
Mode	Salage par la surface et à sec
Taux de sel	1,8 – 3 %
• Traitement après salage	Inoculation de spores de <u>P. camemberti</u> par pulvérisation en surface de spores. Séchage de la croûte (ressuyage) (T: 15 – 18° C -t: 2 – 3 jours- H: 75 – 80 %)

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Température	12 – 13° C
• Humidité relative	90 – 95 %
• Durée	15 à 30 jours
• Rendement fromager	10,5 – 14 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers et complexes enduits de cire. Boîtes en carton ou en bois
• Température de conservation	2 – 8° C

## OBSERVATIONS

Originellement, le CAMEMBERT FERMIER a été fabriqué en Normandie; actuellement, il peut être élaboré dans toutes les régions françaises, mais les produits les plus typés proviennent des régions situées au centre et à l'ouest du bassin Parisien. Les caractéristiques organoleptiques des fromages fermiers sont plus marquées que celles des produits industriels en raison de l'absence ou du caractère limité du traitement thermique.

Le BRIE fermier possède une technologie très voisine de celle du CAMEMBERT, seuls le poids et les dimensions sont supérieurs. Les régions typiques de production sont les mêmes que celles du camembert. Les caractéristiques morphologiques et pondérales des principaux types de BRIE sont les suivantes:

Brie de Coulommiers: Poids: 0,45 kg - Ø: 14 – 16 cm - H: 2,5 – 3,5 cm

Brie de Montereau: Poids: 0,8 – 0,9 kg - Ø: 22 – 24 cm - H: 3 cm

Brie de Melun: Poids: 2,5 – 3 kg - Ø: 32 – 36 cm - H: 2,5 – 3,5 cm

Brie de Meaux: Poids: 3 – 2,5 kg - Ø: 36 – 40 cm - H: 1,5 – 2,5 cm

## FORMAGE

- NOM:

CANESTRATO

PAYS:

ITALIE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première
- Type
- Poids - forme
- Aspect

Lait de brebis seul, fréquemment mélangé à du lait de chèvre, parfois au lait de vache

Pâte dure

Poids: 3 – 30 kg. Forme de pain (Ø et L variables)

Croûte grise, brillante. Pâte compacte avec rares trous

- Matière sèche 55 – 70 %
- Matière grasse 40 – 45 %

## TECHNOLOGIE

### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

- Ajustement matière grasse Néant
- Traitement thermique Néant
- Maturation Néant

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Néant
  - enzyme coagulante Fragment d'estomac d'agneau ou de chevreau
- Acidité 18 – 20° D
- Température 36 – 40° C
- Temps de floculation 15 – 20 mn
- Temps de coagulation totale 20 – 30 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage et chauffage
- Chronologie des traitements

04/11/2011

## La fromagerie et les variétés de froma...

Tranchage	Tranchage manuel en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,5 – 1 cm)
Chauffage	Brassage et montée en température à 40 – 44° C en 5 – 10 mn, brassage final de 10 mn
Moulage	Mise en moules dans paniers en acier avec pressage manuel. Egouttage pendant 24 h
Salage	
Mode	Salage par la surface à sec
taux de sel	4 – 5 %

### - AFFINAGE

- Type Fromage consommé soit à l'état frais, soit après affinage à l'air
- Température Variable selon les locaux utilisés
- Humidité relative Variable selon les locaux utilisés
- Durée 5 – 7 mois
- Rendement fromager 22 – 24 kg/100 kg lait de brebis

### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage papiers
- Température de conservation 4 – 10° C

### OBSERVATIONS

Le fromage CANESTRATO est fabriqué dans le sud de l'Italie; selon les zones de production, il prend des noms différents: CRATONESE en Calabre, MOLITERNO en Basilicata, CANESTRATO TIPO SICILIANO en Sicile.

Des variantes de ce fromage peuvent être enrichies en épices, en particulier en poivre (CANESTRATO PEPATO).

## FROMAGE

- NOM: CANTAL FERMIER PAYS: FRANCE

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de vache
• Type	Pâte pressée
• Poids - forme	Poids: 30 – 45 kg. Forme cylindrique: Ø: 30 – 50 cm - H: 30 – 50 cm
• Aspect	Croûte dure, de couleur gris-bleu à noire, tachée de colonies rouges. Pâte jaune et blanche, texture cassante sans trous. Flavouer légèrement piquante et acide.
• Matière sèche	55 – 58 %
• Matière grasse	45 – 50 %

## TECHNOLOGIE

### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

• Ajustement matière grasse	Standardisation facultative
• Traitement thermique	Néant
• Maturation	Néant

- COAGULATION

- Type

- Auxiliaires de coagulation

chlorure de calcium

levains lactiques

enzyme coagulante

- Acidité

- Température

- Temps de flocculation

- Temps de coagulation totale

Coagulation par voie enzymatique prédominante

Néant

Apport de mésophiles facultatifs en hiver: 0,5 – 1 kg/100 kg lait

Présure (f: 1/10.000): 20 – 30 ml/100 kg lait

16 – 18° D

32 – 33° C

10 – 15 mn

30 – 60 mn

- EGOUTTAGE

- Type

- Chronologie des traitements

Tranchage

Egouttage accéléré par tranchage, brassage et pressage

Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 1 – 3 cm)

Brassage

Agitation pendant le tranchage (t: 15 mn)

Prépressage

Après décantation des grains, pressage manuel pour former une masse compacte ou tome

Moulage

Mise en moules

Pressage

Pressage pendant 8 – 10 h avec retournelement et découpage du caillé toutes les 1 à 2 h. T: 15° C

Maturation

Maturation pour acidification: t: 24 – 36 h - T: 15° C

Broyage

Après maturation, broyage du fromage en grains ( $\varnothing$ : 0,5 – 1

Salage

cm)

Mode

Salage dans la masse et à sec

Taux de sel

1,6 – 2,3 %

- Traitement après salage

Pressage des grains salés pour mise en forme finale (t: 48 h  
- T: 15° C)

#### - AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 8 – 10° C
- Humidité relative 95 %
- Durée 90 – 120 jours
- Rendement fromager 10 – 12 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers, toiles textiles
- Température de conservation 2 – 6° C

#### OBSERVATIONS

Le CANTAL FERMIER, encore appelé FOURME ou CANTAL, est un des fromages français typiques les plus anciens, il est fabriqué dans le département du même nom situé au cœur du Massif Central. La production fermière est réalisée en particulier dans les fermes d'altitude appelées "burons". Il existe des variantes locales du CANTAL, dénommées SALERS HAUTE MONTAGNE ou LAGUIOLE AUBRAC ou encore LAGUIOLE.



#### CHAPITRE IV

### **MONOGRAPHIES DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE FROMAGES DU BASSIN MÉDiterranéen** **(suite)**

#### **FORMAGE**

- NOM: CANTAL LAITIER PAYS: FRANCE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Pâte pressée
- Poids - forme Poids: 30 – 45 kg. Forme cylindrique: Ø: 30 – 50 cm - H: 30 – 50 cm
- Aspect Croûte dure de couleur gris-bleu - Pâte de couleur blanc - jaune. Texture cassante sans trous
- Matière sèche 55 – 58 %
- Matière grasse 45 %

#### **TECHNOLOGIE**

#### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

04/11/2011

- Ajustement matière grasse
- Traitement thermique
- Maturation

La fromagerie et les variétés de froma...

Standardisation

Pasteurisation facultative (T: 68 – 72° C - t: 15 – 30 s)

10 – 15 mn

#### - COAGULATION

- Type
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium
  - levains lactiques
  - enzyme coagulante
- Acidité
- Température
- Temps de floculation
- Temps de coagulation totale

Coagulation par voie enzymatique dominante

Apport après pasteurisation: 10 – 20 g/100 kg lait

Apport de mésophiles: 1 – 1,5 kg/100 kg lait

Présure (f: 1/10.000): 20 – 30 ml/100 kg lait

16 – 18° D

73 – 34° C

8 – 10 mn

30 – 40 mn

#### - EGOUTTAGE

- Type
- Chronologie des traitements
  - Tranchage
  - Brassage
  - Prépressage
  - Pressage
- Maturation

Egouttage accéléré par tranchage, brassage et pressage

Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 1 – 1,5 cm)

Agitation pendant le tranchage (t: 15 mn)

Prépressage en cuve après décantation des grains

Après mise en moules, pressage mécanique pendant 24 h à 18 – 20° C

Acidification limitée (t: 4 – 6 h - T: 10° C)

04/11/2011

	La fromagerie et les variétés de froma...
Broyage	Après maturation, broyage du fromage en cossettes ( $\varnothing$ : 0,5 – 1 cm)
Salage	
Mode	Salage dans la masse et à sec
Taux de sel	1,5 – 2%
• Traitement après salage	Pressage des grains salés pour mise en forme finale (t: 48 h - T: 15° C)

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Température	8 – 12° C
• Humidité relative	95 %
• Durée	80 – 120 jours
• Rendement fromager	10 – 12 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers, toiles textiles
• Température de conservation	2 – 6° C

#### OBSERVATIONS

La technologie du CANTAL LAITIER possède une certaine analogie avec celle du CHEDDAR.

#### FROMAGE

- NOM: CEBREIRO PAYS: ESPAGNE

### - CARACTERISTIQUES

• Matière première	Lait de vache
• Type	Pâte dure
• Poids - forme	Poids: 2 – 5 kg. Forme cubique ou ronde avec chapeau en forme de champignon ( $\varnothing$ : 10 – 20 cm, H: 10 – 15 cm)
• Aspect	Croûte ridée, blanche. Pâte ferme sans trous
• Matière sèche	72 – 74 %
• Matière grasse	50 – 53 %

### TECHNOLOGIE

#### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Néant
• Traitement thermique	Néant
• Maturation	Néant

#### - COAGULATION

• Type	Coagulation par voie enzymatique dominante
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Présure de chevreau, d'agneau, de veau ou de porc. Quantité variable

• Acidité	16 – 18° D
• Température	35 – 40° C
• Temps de flocculation	Variable
• Temps de coagulation totale	60 – 80 mn

#### - EGOUTTAGE

• Type	Egouttage accentué par tranchage, brassage et chauffage
• Chronologie des traitements	
Tranchage	Tranchage manuel en grains irréguliers ( $\varnothing$ : 0,5 à 5 cm)
Brassage	Agitation avec montée en température à 50° C
Salage	Décantation des grains, extraction du sérum puis salage dans la masse
Pressage	Autopressage du caillé placé dans une toile suspendue pour égouttage pendant 24 h puis moulage et pressage en moules à forme caractéristique de champignon

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage à l'air de durée réduite
• Température	7 – 8° C
• Humidité relative	70 – 80 % (ventilation nécessaire pour sécher le fromage)
• Durée	3 – 4 jours
• Rendement fromager	Fromages frais: 5 – 11 kg/100 kg lait Fromages séchés: 6 – 8 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Type d'emballage Papiers
- Température de conservation 4 – 6° C

## OBSERVATIONS

Le fromage CEBREIRO est encore appelé PIEDRAFITA.

## FROMAGE

- NOM: DAANI PAYS: EGYPTE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de brebis, parfois en mélange à du lait de chèvre
- Type Pâte molle consommée à l'état frais
- Poids - forme Poids: 0,25 kg. Forme parallélépipédique
- Aspect Croûte fine, lisse, humide. Pâte homogène avec rares trous d'origine mécanique et fermentaire
- Matière sèche 45 – 47 %
- Matière grasse 50 – 55 %

## TECHNOLOGIE

### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

- Ajustement matière grasse Néant
- Traitement thermique Néant
- Maturation 15 – 30 mn

### - COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte et équilibré
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium
  - levains lactiques
  - enzyme coagulante
- Acidité 20 – 25° D
- Température 30 – 35° C
- Temps de floculation 20 – 45 mn
- Temps de coagulation totale 60 – 120 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains irréguliers à l'occasion du moulage
  - Moulage Moulage manuel sur toiles, nattes, claires
  - Pressage Autopressage et égouttage spontané pendant 1 à 2 jours
  - Découpage Découpe de la masse de caillé en portions
  - Salage Salage par la surface et à sec
  - Mode 5 – 6 %
  - Taux de sel Conditionnement des portions en futs, bidons ou pots pour

04/11/2011

- Traitement après salage

La fromagerie et les variétés de froma...

les fromages destinés à être affinés en saumure (V: 20 – 25 % vol. containers. C: 14 – 18 % NaCl)

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage sans ou avec affinage en saumure
• Température	7 – 30° C
• Humidité relative	85 – 95 %
• Durée	90 – 120 jours
• Rendement fromager	28 – 32 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers, pellicules plastiques
• Température de conservation	2 – 8° C

### OBSERVATIONS

Le fromage DAANI peut être consommé à l'état frais après salage sans subir d'affinage en saumure.

### FROMAGE

- NOM: DJAMID PAYS: JORDANIE

#### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Babeurre de lait de brebis et de chèvre
• Type	Pâte dure obtenue par séchage à l'air
	Poids: 0,1 – 0,2 kg

04/11/2011

• Poids - forme	La fromagerie et les variétés de froma...
• Aspect	Forme subsphérique: Ø: 8 – 10 cm
• Matière sèche	Pâte très dure, sèche, incrustée de cristaux de sel
• Matière grasse	69 – 91 % 5 – 10 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Néant
• Traitement thermique	Néant
• Maturation	Acidification naturelle du lait avant baratage et séparation du babeurre (t: 24 h - T: 20 à 30° C)

### - COAGULATION

• Type	Précipitation des protéines par chauffage sans usage des auxiliaires classiques de coagulation
• Acidité	100 – 150 °D
• Température	Montée en température à 40 – 60° C
• Temps de flocculation	Début flocculation 20 à 30 mn après le début du chauffage
• Temps de coagulation totale	Il correspond au maintien de la température pendant 10 à 30 mn

### - EGOUTTAGE

Egouttage accentué par brassage, par cuisson et par

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Type

- Chronologie des traitements

Agglomération

Transfert du précipité sur toile pour filtration, puis compactage manuel

Pressage

Pressage manuel sur toile à chaud  
Mise en forme manuelle sous forme de sphères

Salage

Salage dans la masse et à sec

Mode

10,6 – 13,8 %

Taux de sel

Séchage à l'air et au soleil pendant 8 – 15 jours

Traitement après salage

#### - AFFINAGE

- Type

Fromage sans affinage, stabilisé par la déshydratation

#### - CONSERVATION

- Température
- Humidité relative
- Durée
- Emballage
- Rendement fromager

10 à 40° C

30 à 80 %

6 – 12 mois

Pots en terre - Bocaux en verre

Fromage frais: 15 – 30 kg/100 kg lait

Fromage sec: 4 – 7 kg/100 kg lait

#### OBSERVATIONS

Des produits similaires au DJAMID sont fabriqués dans plusieurs pays arabes, sous diverses dénominations:  
DJEMID - DJIBDJIB - DJIBDJUB - KASCHKAJAL. Leur activité de l'eau très basse consécutive à la

déshydratation et au salage important bloquent toute évolution du substrat par voie microbienne et enzymatique pendant la phase de conservation qui est de plusieurs mois.

## FROMAGE

- NOM: DOMIATI PAYS: EGYPTE

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait de vache et lait de bufflesse
• Type	Pâte pressée affinée en saumure
• Poids - forme	Poids: 0,4 – 1 kg. Forme parallélépipédique (L: 10 cm, 1: 8 cm, H: 6 cm) ou cylindrique ( $\varnothing$ : 7 – 13 cm, H: 7 cm)
• Aspect	Croûte lisse et humide. Pâte homogène avec quelques trous d'origine mécanique et fermentaire
• Matière sèche	35 – 50 %
• Matière grasse	20 – 45 %

## TECHNOLOGIE

### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

• Ajustement matière grasse	Néant ou standardisation
• Traitement thermique	Néant ou pasteurisation (T: 60 – 80° C, t: 15– 60 s)
• Maturation	15 – 30 mn

### - COAGULATION

04/11/2011

• Type	La fromagerie et les variétés de froma...
• Auxiliaires de coagulation	Coagulation par voie enzymatique dominante
chlorure de calcium	Apport facultatif: 2 – 4 g/100 kg lait
chlorure de sodium	Apport facultatif: 7 – 15 kg/100 kg lait
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Présure (f: 1/100.000): 15 – 20 g/100 kg lait
• Acidité	20 à 30 D
• Température	38 – 44 ° C
• Temps de floculation	30 – 45 mn
• Temps de coagulation totale	3 – 4 h
- EGOUTTAGE	
• Type	Egouttage accentué par tranchage et par pressage
• Chronologie des traitements	
Tranchage	Pas de tranchage
Moulage	Transfert soit en toiles, soit en moules cylindriques pour égouttage en vrac
Pressage	Pressage entre deux plateaux pour fromages moulés en toiles (t: 4 – 30h) ; pas de pressage mais égouttage nature pour fromages en moules (t: 2 – 3 jours)
Découpage	Découpe de la masse de fromage après pressage en portions
Salage	
Mode	Réalisé par salage du lait

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| Taux de sel               | 6 – 9 %   |
| • Traitement après salage | Conditionnement des portions en bidons métalliques pour affinage en saumure (V: 20 – 25 % vol. containers. C: 14 – 18 % NaCl) |

- AFFINAGE

- |                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| • Type               | Fromage avec affinage en saumure |
| • Température        | 7 – 30° C                        |
| • Humidité relative  | 85 – 95 %                        |
| • Durée              | 90 – 180 jours                   |
| • Rendement fromager | 25 – 30 kg/100 kg lait           |

- EMBALLAGE - CONSERVATION

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| • Type d'emballage            | Papiers. Pellicules plastiques |
| • Température de conservation | 2 – 8° C                       |

OBSERVATIONS

Le fromage DOMIATI est encore appelé localement GIBBNEH BEDA, DAMIATI ou DAMIETTA.

FROMAGE

- NOM: EMEK PAYS: ISRAEL

- CARACTÉRISTIQUES

- |                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| • Matière première | Lait de vache                    |
| • Type             | Pâte pressée non cuite type Edam |

• Poids - forme	Poids: 24 kg - Forme de pain parallélépipédique (L: 25 – 30 cm, 1: 11 – 13 cm, H: 11 – 13 cm)
• Aspect	Croûte sèche ou avec microflore réduite, parfois pas de croûte en cas d'utilisation d'enductions ou de pellicules
• Matière sèche	40 – 57 %
• Matière grasse	20 – 45 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation selon le taux de matière grasse désiré
• Traitement thermique	Pasteurisation (T: 72 – 76° C - t: 15 – 30 s)
• Maturation	10 – 20 mn

### - COAGULATION

• Type	Coagulation mixte à légère prédominance enzymatique
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	5 – 10 g/100 kg lait
levains lactiques	Apport de mésophiles (0,5 – 1 %)
enzyme coagulante	Présure (f: 1/10.000): 18 – 25 ml/100 kg lait
• Acidité	16 – 18 <sup>o</sup> D
• Température	29 – 33° C
• Temps de flocculation	10 – 15 mn
• Temps de coagulation totale	30 – 45 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage, brassage et pressage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers (0,5 – 1 cm)
  - Brassage Agitation modérée (t: 10 – 20 mn)
  - Délactosage Extraction de 20 à 50 % de lactosérum, puis apport d'une quantité égale d'eau à 38 – 40° C Agitation modérée (t: 10 – 20 mn)
  - Brassage
  - Pressage Prépressage en cuve (t: 10 – 30 mn)
  - Découpage Découpe de la masse de caillé préssé en portions parallélépipédiques
  - Moulage Mise en moules comportant une toile filtrante
  - Pressage Pressage mécanique sous presse (t: 2 – 4 h)
  - Salage
  - Mode Salage en saumure par la surface (C: 25 – 28 %, t: 8 – 24 h, T: 15 – 20° C)
  - Taux de sel 1,8 – 2 %
  - Traitement après salage Protection de la croûte par enduction de cires, de paraffines ou par pellicules plastiques

### - AFFINAGE

- Type Fromage affiné à l'air
- Température 12 – 14° C

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 20 – 50 jours
- Rendement fromager 8,5 – 11 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Pellicules plastiques, paraffines, cires
- Température de conservation 4 – 10° C

#### OBSERVATIONS

Il convient de noter que sont fabriqués en Israël de nombreux autres fromages dont les caractéristiques sont très voisines de celles de l'EMEK et de l'EDAM: ils s'en différencient par des variations mineures de la teneur en matières sèches et en matières grasses et de la morphologie. Citons par exemple parmi les fromages moulés sous forme de blocs les produits dénommés ARAD - GUSH HALAV - HADAR - SOVA - ELIATH - GIBOA - MERON - PEER, sous forme sphérique les fromages GEVA - GAI - MEZADA - NANAS, et sous forme de miche le fromage KOL- BI.

#### FROMAGE

- NOM: EMMENTAL FERMIER PAYS: FRANCE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Pâte pressée, cuite
- Poids - forme Poids: 65 – 120 kg - Forme cylindrique: Ø: 74 – 100 cm - H: 15 – 25 cm  
Croûte lisse, de couleur jaune ocre - Pâte jaune, compacte,

• Aspect	La fromagerie et les variétés de froma...
• Matière sèche	élastique avec nombreux trous ovoïdes ( $\varnothing$ : 1 – 3 cm) résultant de la fermentation propionique. Flaveur douce à légèrement piquante 62 – 63 %
• Matière grasse	45 – 50 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation par écrémage naturel
• Traitement thermique	Néant, parfois thermisation (T: 63 – 68° C - t: 15 – 30 s)
• Maturation	8 – 12 h pour le lait de la traite du soir (t: 8 – 15° C)

### - COAGULATION

• Type	Coagulation par voie enzymatique prédominante
• Auxiliaires de coagulation	

chlorure de calcium

Apport facultatif après thermisation: 5 – 20 g/100 kg lait

levains lactiques

Apport de mésophiles (0,2 – 0,5 kg/100 kg lait), de thermophiles (0,1 – 0,5 kg/100 kg lait) et de bactéries propioniques (5 – 100 ml/100 kg lait)

enzyme coagulante

Présure (f: 1/10.000): 15 – 25 ml/100 kg lait

• Acidité

16 – 18° D

• Température

31 – 33° C

• Temps de flocculation

10 – 30 mn

• Temps de coagulation totale

15 – 40 mn

### - EGOUTTAGE

- Type
  - Chronologie des traitements

## Tranchage

Egouttage accéléré par tranchage, brassage, chauffage et pressage

## Brassage

Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)

Agitation modérée en 3 phases:

dernière phase: T: 31 – 33° C - t: 10 – 20 mn

2ème phase: Montée en température à 54 – 56° C, v: 2° C/mn

## Moulage

Décantation des grains, puis extraction et moulage

## Pressage

Pressage mécanique pendant 8 – 24 h

### Refroidissement

Refroidissement en moules avant salage pendant 24 - 48 h,  
T: 15 – 18° C

## Salage

Salage par la surface à sec ou en saumure (C: 24 – 26 % NaCl - T: 12 – 16 ° C - t: 48 h)

#### Taux de sel

1.8 – 2 %

- Traitement après salage

## - AFFINAGE

- Type
  - Température

#### Fromage avec affinage à l'air

1ère phase: 10 – 12° C - 2ème phase: 22 – 25° C

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Humidité relative 85 – 95 %  
• Durée 1ère phase: 20 – 60 jours, 2ème phase: 30 – 60 jours  
• Rendement fromager 7,7 – 7,9 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Papiers, pellicules plastiques
- Température de conservation 4 – 12° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage EMMENTAL FERMIER est fabriqué traditionnellement dans les régions orientales et centrales du pays dans de petites unités de transformation appelées fruitières.

Actuellement, la production d'EMMENTAL s'est généralisée à l'ensemble du pays en particulier dans l'ouest où existent de très importantes usines spécialisées. Les procédés qui y sont utilisés sont très différents et se caractérisent principalement par une forte mécanisation et par une durée d'affinage réduite.

#### FROMAGE

- NOM: FETA PAYS: GRECE - TUNISIE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de brebis, seul ou en mélange avec lait de chèvre et (ou) de vache
- Type Pâte pressée non cuite et affinée en saumure
- Poids - forme Poids: 1 – 1,5 kg. Forme parallélépipédique:  
L: 20 cm, 1: 10 cm, H: 7 cm  
Pâte lisse et homogène avec trous mécaniques.

• Aspect	Croûte très fine
• Matière sèche	45 – 55 %
• Matière grasse	45 – 59 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Adjustement matière grasse	Standardisation facultative
• Traitement thermique	Pasteurisation facultative (T: 68 – 70° C, t: 1 – 2 mn)
• Maturation	15 – 30 mn

### - COAGULATION

• Type	Coagulation à caractère mixte à légère prédominance enzymatique
• Auxiliaires de coagulation	Néant
chlorure de calcium	
levains lactiques	Apport de thermophiles (yoghourt: 0,5 – 1 %) et de mésophiles (2 – 3 %)
enzyme coagulante	Présure (f: 1/100.000): 3,5 – 4 g/100 kg lait
• Acidité	18 – 22° D
• Température	32 – 33° C
• Temps de flocculation	8 – 10 mn
• Temps de coagulation totale	10 – 15 mn

**- EGOUTTAGE**

- Type

- Chronologie des traitements

Tranchage

Tranchage en lanières de section (2 – 2,5) × (2 – 2,5 cm)

Brassage

Brassage discontinu et lent après 5 – 10 mn de repos initial

Pressage

Autopressage de la pâte lors de l'égouttage en toile ou en moule

Phase 1: t: 4 – 5 h, T: 25 – 30° C

Phase 2: t: 12 – 16 h, T: 16 – 18° C

Découpage

Après pressage, découpe en portions cylindriques ou parallélépipédiques

Salage

Salage par la surface à sec et en saumure

Mode

4 – 7 %

Taux de sel

**- AFFINAGE**

- Type

Fromage avec affinage à l'air et en saumure:

- Prématuration sur tables ou en fûts avec apport de sel sec, t: 10 – 15 jours

- Conditionnement en fûts (40 – 50 kg) et en bidons (20 kg) renferment 4 – 5 kg de saumure diluée (C: 5 % NaCl), t: 45 jours

- Température

Affinage à l'air: 20 – 25° C

Affinage en saumure: 9 – 14° C

- Humidité relative

85 – 95 %

- Durée

50 – 60 jours

- Rendement fromager Fromage brebis 25 – 30 kg/100 kg lait
  - Fromage mixte 30 > R > 15 kg/100 kg lait

## - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Fûts en bois, bidons métalliques, containers ou pellicules plastiques
  - Température de conservation 2 – 5° C

## OBSERVATIONS

Pendant la phase de prématuration se développe une flore microbienne sauvage typique du FETA, composée de micro-organismes halophiles (levures - bactéries) et responsable du développement des caractéristiques organoleptiques propres à ce fromage. Depuis la dernière décennie, le FETA est fabriqué dans plusieurs pays européens. Les différences profondes, existant de par la nature de la matière première (lait de vache) et des technologies utilisées, en font un produit très éloigné du fromage traditionnel.

## FROMAGE

- NOM: FONTINA PAYS: ITALIE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache, lait de brebis
  - Type Pâte dure et cuite
  - Poids - forme Poids: 10 – 18 kg - Meule plate: Ø: 35 – 45 cm, H: 8 – 10 cm
  - Aspect Croûte brun clair, lisse, humide avec microflorebactérienne.  
Pâte élastique avec quelques trous d'origine fermentaire (Ø: 10 – 15 mm)
  - Température de conservation 10 – 12 °C

0,5 cm)

- Matière sèche 57 – 60 %
- Matière grasse 48 – 50 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation
- Traitement thermique Néant. Utilisation de lait cru
- Maturation Maturisation du lait du soir (10 – 12 h) pendant la phase d'écrémage naturel

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport facultatif de thermophiles (0,1 – 0,5 %) et de propioniques
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10,000): 18 – 23 ml/100 kg lait, ou estomac
- Acidité 16 – 18° D
- Température 32 – 34° C
- Temps de flocculation 12 – 15 mn
- Temps de coagulation totale 27 – 35 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage, brassage et chauffage
- Chronologie des traitements
- Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,3 – 0,5 cm)  
Première phase: agitation modérée 10 – 15 mn  
Deuxième phase: montée en température à 46 – 48° C en 30 mn  
Troisième phase: agitation modérée 30 – 40 mn à 46 – 48° C
- Brassage
- Moulage Moulage après décantation des grains pendant 10 mn
- Pressage Pressage mécanique en moules pendant 12 h
- Refroidissement Après pressage, refroidissement des fromages à 10 – 14° C pendant 2 jours
- Salage Salage à sec par la surface (t: 15 – 20 jours) (T: 10 – 14 ° C)
- Taux de sel 1,8 – 2 %

### - AFFINAGE

- Type Fromage affiné à l'air
- Température 10 – 14° C
- Humidité relative 85 – 90 %
- Durée 80 – 100 jours
- Rendement fromager 9,5 – 9,7 kg/100 kg lait

**- EMBALLAGE - CONSERVATION**

- Type d'emballage Papiers, pellicules plastiques
- Température de conservation 2 – 6° C

**OBSERVATIONS**

La dénomination FONTINA est réservée aux fromages fabriqués dans le val d'Aoste. Les fromages de ce type, produits en dehors de cette zone, sont appelés FONTAL.

**FORMAGE**

- NOM: FROMAGES DE CHEVRE PAYS: FRANCE

**- CARACTÉRISTIQUES**

- Matière première Lait de chèvre
- Type Pâte intermédiaire entre pâte fraîche et pâte molle
- Poids - forme Poids: 0,05 – 1 kg. Forme cylindrique ou pyramidale.
- Aspect Croûte d'aspect très variable selon la variété du fromage, soit sèche et dure, soit humide avec ou sans microflore bactérienne ou fongique.
- Matière sèche Pâte soit très dure, soit onctueuse selon l'humidité et le degré d'affinage. Goût et odeur caractéristiques de matière grasse caprine
- Matière grasse 30 – 70 %
- Matière grasse 45 – 55 %

**TECHNOLOGIE**

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Néant, parfois standardisation
- Traitement thermique Néant, parfois pasteurisation (T: 68 – 72° C)
- Maturation 15 à 120 mn

### - COAGULATION

- Type Coagulation à caractère mixte, mais à prédominance lactique
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains fongique Apport éventuel de spores pour les variétés de fromages moisiss
  - levains lactiques Apport de mésophiles: 4 – 5 kg/100 kg lait
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 7 – 8 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 21° D
- Température 22 – 24° C
- Temps de flocculation 30 – 45 mn
- Temps de coagulation totale 16 – 24 h

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accéléré par tranchage
- Chronologie des traitements
- Tranchage Tranchage en lanières ou en cubes (c: 4 – 8 cm)

04/11/2011

	La fromagerie et les variétés de froma...
Moulage	Transfert manuel ou mécanisé après 20 – 30 mn de repos et enrobage soit individuel en moules, soit en vrac sur toile <small>Autopressage du caillé sans utilisation de moyens</small> mécaniques (T: 18 – 22° C, t: 16 – 24 h)
Pressage	
Fromage	Mise en forme manuelle ou mécanisée de la pâte égouttée sur toile
Salage	
Mode	Salage par la surface ou dans la masse à l'aide de sel sec
Taux de sel	1,5 – 2 %

- Traitement après salage
- Ensemencement dirigé ou naturel de microflores fongiques ou bactériennes pour les espèces destinées à l'affinage
- Déshydratation par ventilation de certaines espèces à croûte sèche

#### - AFFINAGE

• Type	Fromages consommés soit à l'état frais, soit après affinage à l'air
• Température	10 – 12° C
• Humidité relative	90 – 95 %
• Durée	10 – 15 jours
• Rendement fromager	8 – 20 kg/100 kg lait selon l'humidité du fromage

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Moules rigides - Papiers ou complexes enduits de cires
• Température de conservation	0 – 6° C

## OBSERVATIONS

La production de fromage de chèvre est saisonnière et se situe en général des mois d'avril et de mai à ceux de novembre et de décembre. Afin de régulariser le marché, des reports de lait à l'état déshydraté ont été d'abord expérimentés. En raison de difficultés technologiques, résultant de la mise en œuvre de ces laits reconstitués, la pratique la plus utilisée actuellement consiste à congeler le caillé égoutté avant affinage sous forme de blocs de 25 kg. La conservation est réalisée à - 20° C pendant 4 – 6 mois. Au moment de la réutilisation, le caillé est décongelé à température ambiante pendant 24 à 48 h, puis ensuite moulé, salé et ensemencé en spores de moisissures. L'affinage est ensuite conduit normalement.

Il existe, par ailleurs, en France, quelques types de fromages de chèvre à pâte persillée veinée dans la masse par Penicillium glaucum. Il s'agit de fromages dont la teneur en matière sèche est suffisamment élevée (45 à 55 %) pour permettre la persistance de cavités mécaniques où la moisissure pourra se développer. Une grande analogie existe donc entre ces fromages et les Bleus faits à partir de lait de vache et de lait de brebis (ROQUEFORT), seules les caractéristiques organoleptiques, très typées, diffèrent et découlent en particulier de la composition spécifiques de la matière grasse caprine.

Nous avons dressé, ci-après, une liste alphabétique, non exhaustive, des fromages de chèvre, français en citant entre parenthèses le ou les départements d'origine.

ALTIER (Lozère) - PERSILLE DES PRAVIS (Haute-Savoie) - ARTHON (Indre) - ASCO (Corse) - BANON (Basses-Alpes, Vaucluse) - BASSETS (Aveyron) - BLEU DE COSTAROS (Haute-Loire) - BOSSONS MACERE (Haute-Savoie) - BOUTON DE CULOTTE (Saône-et-Loire) - BRIN D'AMOUR (Deux-Sèvres) - BRIQUE (Loire, Haute-Loire) - BRUCCIO ou BROCCIO (Corse) - CABECOU (Aveyron, Cantal, Corrèze, Dordogne, Lot) - CACHAT D'ENTRECHAUX (Haute-Provence) - CHABICHOU (Deux-Sèvres, Vienne) - CHABRIS (Deux-Sèvres) - CHAROLLES (Saône-et-Loire) - CHATEAUROUX (Indre)-CHEVRE A LA FEUILLE (Deux-Sèvres) - CHEVRET, TOMME DE BELLAY (Ain) - CHEVRROTIN (Haute-Savoie) CHEVROTON (Allier, Puy-de-Dôme) - CROTTIN (Cher) - FROMAGEEE (Deux-Sèvres) - HAUTE LUCE (Haute-Savoie) - LA MOTHE BOUGON, LA MOTHE SAINT HERAY LAUMES (Côte-d'or) - LIGUEIL (Indre) - LORMES (Nièvre) - PERSILLE DU MONT CENIS (Savoie) - MONTREPOT (Indre-et-Loire) - NIOLO (Corse) - PELARDON (Ardèche, Gard, Lozère) - PERSILLE DE LA

CLUSAZ (Haute-Savoie) - PERSILLE DE THONES (Haute-Savoie) - PERSILLE DU GRAND BORNAND (Haute-Savoie) - PETIT POT DE POITIERS (Vienne) - PICODON (Drôme) - POULIGNY SAINT PIERRE (Indre) - RIGOTTE DES ALPES, DE CONDRIEU (Rhône) - ROGERET DES CEVENNES (Ardèche, Lozère) - RUFFEC (Charente) - SAINT AGATHON (Côte-du-Nord) - SAINT CLAUDE (Jura) - SAINT CYR (Haute-Vienne) SAINT FLORENTIN (Yonne) - SAINT GELAY (Vienne) - SAINT LOUP (Deux-Sèvres) - SAINT MAIXENT (Deux-Sèvres) - SAINTE MAURE (Deux-Sèvres, Indre-et-Loire, Vienne) - SANCERROIS (Cher) - SARDE (Corse) - SARTENAIS (Corse) - SAUZE (Deux-Sèvres) - SELLES SUR CHER (Cher) - THIVIERS (Dordogne) - THOISSEY (Ain) - TOMME DE CHEVRE (Drôme) - TOMME DE PRALIN (Aube) - TOMME DE ROMANS (Drôme) - TOURNON SAINT MARTIN (Indre) - TROIS CORNES (Vendée) - VALBEY (Alpes-Maritimes) VALENÇAY (Indre) - VENACO (Corse) - VERNEUIL (Indre-et-Loire) - VEZELAY (Yonne).

## FROMAGE

- NOM: FROMAGE FONDU

PAYS:

FRANCE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Principalement fromages à pâte pressée cuite, facultativement et secondairement tout autre fromage
- Type Pâte semi-ferme fondu et stabilisée par traitement thermique
- Poids - forme Poids: 0,01 – 2 kg. Formes variables: portions cubiques ou triangulaires - Pains ou meules pour fromages à la coupe
- Aspect Pâte homogène, sans croûte, élastique, onctueuse à aspect brillant sans trou. Flaveur douce à dominante plus ou moins typée selon la nature et le degré d'affinage de la matière première ou définie par la formulation pouvant renfermer épices ou ingrédients d'origines variées
- Matière sèche 44 – 55 %

- Matière grasse

44 – 55 %

#### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Sélection de fromages moyennement affinés à saveur peu prononcée et exempts de défauts d'origine microbienne et organoleptique
- Grattage ou écrouûtage
- Découpage et broyage
- Mélange à froid de fromages différents, d'eau et de matière grasse butyrique et en proportions définies par les formulations retenues
- Incorporation (1 – 3 %) de sels correcteurs, stabilisant le pH (5,6 – 5,7), l'hydratation des protéines et l'émulsion de matière grasse

#### - TRAITEMENT THERMIQUE

- Transfert du mélange dans un pétrin chauffant d'une contenance de 50 – 300 litres
- Montée en température à 90° C – 120° C par chauffage direct (arrivée de vapeur détendue dans le produit) et indirect (arrivée de vapeur dans la double paroi du pétrin) et avec malaxage du mélange
- Maintien de la température de consigne pendant 2 – 12 mn sous agitation de manière à assurer la destruction la plus complète des enzymes et des micro-organismes, y compris des fromes sporulées

#### - CONDITIONNEMENT

Après traitement thermique, le mélange chaud et à l'état fluide est conditionné directement sans refroidissement préalable, celui-ci intervient ultérieurement dans l'emballage et se traduit par la solidification progressive du produit. Le conditionnement est réalisé sur des lignes automatisées ; il doit être conduit dans de bonnes conditions d'hygiène pour éviter toute recontamination du fromage par les matériels et l'ambiance.

#### - CONSERVATIONS

Le fromage fondu est apparenté aux semi-conserves et aux conserves, sa durée de vie est de plusieurs mois

(90–180 jours) à température ambiante. Toutefois, afin de prévenir des possibles altérations d'origine chimique (rancissement et oxydation de la matière grasse - brunissement non enzymatique) et (ou) d'origine microbienne (développement de moisissures, de bactéries thermorésistantes du genre Clostridium), une conservation à basse température 4 – 8° C est souhaitable.

## OBSERVATIONS

Les présentations commerciales des fromages fondus sont très diversifiées en raison de la possibilité d'y incorporer des ingrédients variés; aromates - champignons - noix - viandes produits empyreumatiques générateurs de saveurs fumées; le conditionnement à l'état liquide permet également une très large diversité dans les formes et le poids des produits finis.

La fonte permet traditionnellement de commercialiser des fromages présentant des défauts physiques (cassures), mais ne rend pas possible de valoriser des fromages organoleptiquement défectueux. En raison de la forte demande de fromages fondus, des fromages à pâte cuite sont actuellement spécialement fabriqués et destinés à la fonte.

## FROMAGE

NOM:	FROMAGE FRAIS CENTRIFUGE	PAYS:	FRANCE
------	-----------------------------	-------	--------

### - CARACTÉRISTIQUES

- |                    |   |
|--------------------|---|
| • Matière première | Lait de vache   |
| • Type             | Pâte fraîche  |
| • Poids - forme    | Poids variable: 0,03 à 5 kg. Fromage humide à l'état de pâte dont la forme est définie par le contenant         |
| • Aspect           | Pâte homogène, sans croûte, à texture onctueuse de couleur blanche à jaunâtre selon la teneur en matière grasse |

La fromagerie et les variétés de fromage...  
et à saveur acidulée caractéristique

- Matière sèche 12 à 30%
- Matière grasse 0 à 75%

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation ou écrémage total
- Traitement thermique Pasteurisation (T: 78 – 90° C - t: 15 à 120 s)
- Maturation 15 – 60 mn

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie acide prédominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Apport de 2 – 5 g/100 kg lait
  - levains lactiques Apport de mésophiles: 1 à 3 kg/100 kg lait
  - enzyme coagulante Présure (f: 1/10.000): 1 – 5 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 22° D
- Température 24 – 26° C
- Temps de flocculation 5 – 7 h
- Temps de coagulation totale 15 – 17 h

### - EGOUTTAGE

04/11/2011

• Type	La fromagerie et les variétés de froma...
• Chronologie des traitements	Egouttage fortement accéléré par tranchage et par centrifugation
Tranchage	Tranchage accentué par broyage du coagulum
Filtration	Tamisage du coagulum broyé
Centrifugation	Séparation quasi instantanée du lactosérum et du fromage frais par voie centrifuge à l'aide de séparateurs (T: 24 à 28° C - Débit: 5 000 à 10 000 1/h)
Réfrigération	Refroidissement en continu du fromage à 4 – 8° C
Réengraissement	Apport de crème pasteurisée pour ajustement de la teneur en matière grasse (cas de fromage gras) par mélangeur continu
Salage	Généralement, pas de salage pour la plupart des fromages. Salage dans la masse et à sec pour les autres
Mode	
Taux de sel	0,1 – 3 %
• Traitement après salage	Conditionnement en récipients rigides et étanches
- AFFINAGE	
• Type	Fromages consommés à l'état frais sans affinage
• Rendement fromager	15 – 30 kg/100 kg lait
- EMBALLAGE - CONSERVATION	
• Type d'emballage	Papiers, récipients en carton paraffiné Récipients thermofermés
• Température de conservation	0 – 4° C

## OBSERVATIONS

Il existe de très nombreuses variétés de fromages frais centrifugés dues à la diversité des formes de présentation tant au niveau de la composition que du conditionnement et de l'emballage que permet le caractère pâteux du produit. Les caractéristiques organoleptiques peuvent être modifiées par apport contrôlé soit de matière grasse, soit de chlorure de sodium, de sucre, de fruits, de plantes aromatiques ou d'épices. En raison de leur humidité élevée, la durée de conservation des fromages frais est limitée et la consommation du produit ne peut être différée que sous réserve d'un conditionnement adapté et d'une chaîne du froid continue en aval des ateliers jusqu'au consommateur.

Pour augmenter la durée de vie du produit, un traitement thermique peut, dans certains cas, être pratiqué avant séparation centrifuge.

## FROMAGE

- NOM: FROMAGES FRAIS MOULES PAYS: FRANCE

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Pâte fraîche
- Poids - forme Poids variable: 0,03 à 0,5 kg. Forme soit cylindrique, soit parallélépipédique, soit définie par la forme du contenant.
- Aspect Pâte homogène le plus souvent, sans croûte, à texture onctueuse ou parfois légèrement granuleuse, à couleur blanche à jaunâtre selon la teneur en matière grasse, à saveur acidulée caractéristique
- Matière sèche 18 – 46 %

- Matière grasse

0 – 75%

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation ou écrémage total
- Traitement thermique Néant. Parfois pasteurisation haute
- Maturation Acidification naturelle du lait pendant 0,5 à 3 h

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie acide prédominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport fréquent de mésophiles: 1 à 3 kg/100 kg lait
  - enzyme coagulante Présure liquide (f: 1/10.000): 1 – 2 ml/100 kg lait
- Acidité 18 – 30° D
- Température 18 – 25° C
- Temps de flocculation 7 – 20 h
- Temps de coagulation totale 16 – 48 h

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage faiblement accentué par tranchage, parfois par pressage
- Chronologie des traitements

Tranchage	Tranchage en morceaux irréguliers (c: 1 à 10 cm) à l'occasion du moulage
Moulage	Transfert du caillé soit à la louche en moules rigides, soit en vrac en toiles
Pressage	Autopressage du caillé le plus souvent sans utilisation de moyens mécaniques pendant l'égouttage (T: 18 – 22° C, t: 16 – 24 h)
Fromage	Mise en forme manuelle ou mécanisée de la pâte égouttée sur toile
Salage	
Mode	Généralement pas de salage pour la plupart des fromages. Salage dans la masse et à sec pour les autres
Taux de sel	0,1 à 2%
• Traitement après salage	Ensemencement de flores microbiennes en surface, soit bactériennes ( <u>Brevibacterium linens</u> ), soit fongiques ( <u>Penicillium camemberti</u> ) pour les fromages destinés à être affinés

#### - AFFINAGE

- Type Fromages le plus souvent consommés à l'état non affiné; affinage à l'air réservé à quelques variétés
- Température 12 – 14° C
- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 8 – 15 jours

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- Rendement fromager

15 – 30 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage

Moules rigides. Papiers. Boîtes bois

- Température de conservation

0 – 6° C

#### OBSERVATIONS

De nombreuses variétés de fromages frais moulés existent en France et dérivent de fabrications traditionnellement réalisées à la ferme. Actuellement, certains d'entre eux sont produits au plan d'ateliers de petites et moyennes importances à l'aide de procédés semi-industrialisés originaux, différents à la fois de ceux de l'artisanat et de ceux très mécanisés utilisés pour la fabrication des fromages frais égouttés par centrifugation.

Les caractéristiques des principaux fromages frais moulés sont résumées dans le tableau ci-après:

#### DESIGNATION

Fromage à la pie

Fromages blancs fermiers ou campagnards

Fromages de type NEUFCHATEL (BONDE - BONDON - CARRE FRAIS - COUER - MALA-KOFF - MALA- MAROMME - ROUENNAIS - BOURGAIN)

#### AFFINAGE

Pas d'affinage, consommation à la fin de l'égouttage

Pas d'affinage, consommation à la fin de l'égouttage

Consommation soit à l'état non affiné, sans microflore fongique apparente, soit après affinage par des moisissures blanches ou bleues du genre Penicillium

#### FROMAGE

- NOM:

GALIL

PAYS

ISRAEL

### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de brebis exclusivement
- Type Pâte persillée
- Poids - forme Poids: 2,5 – 3 kg - Fromage de meule plate ( $\varnothing$ : 18 cm - H: 12 cm)
- Aspect Croûte humide avec microflores: pâte non homogène veinée de moisissures bleues (*Penicillium roqueforti* et *P. glaucum*)
- Matière sèche 55 – 60 %
- Matière grasse 50 – 60%

### TECHNOLOGIE

#### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

- Ajustement matière grasse Néant. Utilisation de lait entier
- Traitement thermique Pasteurisation basse (T: 68 – 70° C, t: 15 – 20 j)
- Maturation 30 – 90 mn

#### - COAGULATION

- Type Coagulation mixte par voie enzymatique et par voie acide
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - chlorure de sodium Néant
  - levains lactiques Apport de mésophiles (0,5 – 1,5 %)

## enzyme coagulante

- Acidité 18 – 20° D
- Température 28 – 30° C
- Temps de flocculation 20 – 30 mn
- Temps de coagulation totale 60 – 90 mn

Présure (f: 1/10.000): 15 à 25 ml/100 kg lait

## - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage
- Chronologie des traitements Tranchage en cubes de 2 – 2,5 cm
- brassage Néant. Repos après tranchage (t: 1 h)
- Moulage Mise en moules après décantation des grains et inoculation dans la masse de spores de Penicillium
- pressage Pas de pressage mécanique. Egouttage spontané en moules pendant 16 à 24 h. T: 20 – 25° C
- Salage mode Salage à sec par la surface (t: 3 – 5 jours - T: 8 – 10° C)
- taux de sel 4 – 5%
- Traitement après salage Piquage du fromage pour favoriser le développement interne du Penicillium

## - AFFINAGE

- Type Fromage affiné à l'air
- Température 6 – 8° C

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| • Humidité relative  | 90 – 95 %              |
| • Durée              | 75 – 90 jours          |
| • Rendement fromager | 18 – 25 kg/100 kg lait |

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| • Type d'emballage            | Feuilles aluminium - pellicules plastiques |
| • Température de conservation | 0 – 2° C                                   |

#### OBSERVATIONS

Les températures basses utilisées lors du salage, de l'affinage et de la conservation sont nécessaires pour éviter l'affaissement de la pâte et limiter la dégradation rapide des protéines et de la matière grasse par la microflore fongique.

#### FROMAGE

- NOM: GIBNEH - JIBNEY      PAYS: JORDANIE - LIBAN - SYRIE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- |                    |  |
|--------------------|--|
| • Matière première | Lait de brebis, de chèvre, de vache seuls ou en mélange  |
| • Type             | Pâte molle à affinage facultatif en saumure  |
| • Poids - forme    | Poids: 0,08 – 0,15 kg. Forme parallélépipédique à bords arrondis: L: 15 cm, 1: 10 – 12 cm, H: 4 – 6 cm |
| • Matière sèche    | 35 – 45 %  |
| • Matière grasse   | 40 – 55 %  |

#### TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation facultative
- Traitement thermique Néant. Parfois ébullition
- Maturation Maturation courte (15 – 60 mn) pour lait entier.  
Maturation longue (12 h) pour lait écrémé

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation  
chlorure de calcium Néant. Apport facultatif dans le lait bouilli
- levains lactiques Néant. Acidification spontanée le plus souvent, parfois apport de levains acidifiants mésophiles (1 à 3 %)
- enzyme coagulante Présure (f: 1/100.000): 1,4 g/100 kg lait
- Acidité 20 – 24° D
- Température 25 – 40° C
- Temps de flocculation Très variable: 15 – 20 mn
- Temps de coagulation totale 45 – 240 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accéléré par tranchage
- Chronologie des traitements  
Tranchage Tranchage irrégulier à l'occasion du moulage
- Moulage Moulage individuel de chaque fromage dans une petite toile carrée. Egouttage spontané sur table pendant 10 – 30 mn

Pressage	Pressage des fromages rassemblés entre deux planches rigides (P: 0,05 – 0,1 kg/cm <sup>2</sup> , t: 2 à 16 h)
Salage	
Mode	Salage par la surface à sec (fromages non affinés) ou en saumure (fromages affinés)
Taux de sel	Fromage frais: 3 – 5 %. Fromage affiné: 6 – 9 %

- Traitement après salage

Immersion des fromages destinés à l'affinage dans une saumure (eau ou sérum salé à 8 – 16 % NaCl) à raison de 20 – 25 % du volume des bidons et jarres utilisés pour la conservation

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage sans affinage ou avec affinage en saumure
• Température	7 – 30° C
• Humidité relative	75 – 95 %
• Durée	90 – 180 jours
• Rendement fromager	25 – 35 % selon la composition du lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers, bidons, jarres, pellicules plastiques
• Température de conservation	2 – 8° C

#### OBSERVATIONS

Après pressage, les fromages destinés à être affinés en saumure sont parfois ébouillantés pendant 15 mn avant le conditionnement en milieu salé. Avant consommation, le fromage affiné est généralement dessalé par lavage

et/ou) par trempage dans l'eau. Le JIBNEH est également parfois conservé après salage à sec dans l'huile d'olive.

Le rendement fromager tend à diminuer avec l'augmentation de la durée d'affinage en raison d'échanges osmotiques entre le fromage et la saumure, la perte de poids augmentant avec la température de stockage.

## FROMAGE

- NOM: GILAD PAYS: ISRAEL

### - CARACTÉRISTIQUES

• Matière première	Lait brebis
• Type	Pâte dure et filée
• Poids - forme	Poids: 4 kg - Forme de meule plate ( $\varnothing$ : 24 cm - H: 9 cm)
• Aspect	Croûte lisse sèche - Pâte compacte homogène sans trous
• Matière sèche	53 – 55 %
• Matière grasse	43 – 45 %

## TECHNOLOGIE

### - PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

• Ajustement matière grasse	Néant - Utilisation lait entier
• Traitement thermique	Néant. Utilisation de lait cru
• Maturation	10 – 15 mn

- COAGULATION

- Type
- Auxiliaires de coagulation
- chlorure de calcium
- chlorure de sodium
- levains lactiques
- enzyme coagulante
- Acidité
- Température
- Temps de flocculation
- Temps de coagulation totale

Coagulation par voie enzymatique dominante

Apport de 5 – 10 g/100 g de lait

Néant

Apport de mésophiles (0,1 – 1 %)

Présure (f: 1/10.000): 25 – 40 ml/100kg lait

20° D

30 – 33° C

10 – 20 mn

30 – 50 mn

- EGOUTTAGE

- Type
- Chronologie des traitements
- Tranchage
- Brassage
- Pressage
- Cuisson
- Moulage
- Salage

Egouttage fortement accéléré par tranchage et chauffage

Tranchage en cubes 1, à 1,5 cm

Brassage dans lactosérum (t: 30 mn - T : 36° C)

Décantation et pressage des grains (t: 1 à 2 h)

Immersion des blocs de caillé dans eau chaude (t: 20 mn — T: 80° C)

Mise en moules à chaud, puis refroidissement 12 à 24 h

Salage par la surface en saumure (C: 25 % NaCl t: 8 – 12 h  
- T: 15 – 20° C)

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

Taux de sel

1,8 – 3 %

- Traitement après salage

Enduction de la croûte à l'aide de cires ou paraffines

- AFFINAGE

- Type Fromage avec affinage à l'air
- Température 10 – 12° C
- Humidité relative 80 – 90 %
- Durée 60 – 90 jours
- Rendement fromager 16 – 20 kg/100 kg lait

- EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Pas d'emballage ou sous pellicules plastiques ou paraffiniques
- Température de conservation 5 – 6° C

OBSERVATIONS

La technologie du fromage GILAD est proche de celles du CACIOCAVALLO et du KACHCAVAL.

FROMAGE

- NOM: GORGONZOLA PAYS: ITALIE

- CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Pâte persillée par Penicillium glaucum

• Poids - forme	Poids: 11 – 12 kg Forme cylindrique: Ø: 25 – 30 cm H: 18 – 22 cm
• Aspect	Croûte compacte, rougeâtre avec nombreuses piqûres. Pâte élastique, friable, veinée de moisissures bleues
• Matière sèche	50 – 52 %
• Matière grasse	52 – 55 %

## TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

• Ajustement matière grasse	Standardisation
• Traitement thermique	Pasteurisation: T: 72 – 75° C, t: 15 – 20 s
• Maturation	Maturation à froid (8 – 12° C) pour le lait du jour

### - COAGULATION

• Type	Coagulation par voie enzymatique dominante
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levain fongique	Apport de spores de <u><i>Pencillium glaucum</i></u>
levains lactiques	Apport de thermophiles et mésophiles (1 – 2 %)
enzyme coagulante	Présure ( $f = 1/10.000$ ) : 18 – 22 ml/100 kg lait
• Acidité	16 – 18° D

- Température de flocculation
- Temps de coagulation totale

$30 = 34^{\circ}\text{C}$

22 – 30 mn

#### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en cubes de 2,5 cm
  - Brassage Agitation discontinue pendant 30 – 35 mn
  - Moulage Mise en moules après décantation des grains
  - Pressage Pas de pressage mécanique. Autopressage de la pâte par retournements et égouttage spontané pendant 8 – 12 h à 20 – 24° C
  - Salage
  - Mode Salage à sec par la surface (t: 8 – 10 jours T: 10 – 11° C)
  - Taux de sel 2 – 3 %
  - Traitement après salage Piquage du fromage pour favoriser le développement interne du Penicillium

#### - AFFINAGE

- Type Fromage affiné à l'air
- Température 4 – 6° C
- Humidité relative 90 – 95 %
- Durée 90 – 180 jours
- Rendement fromager 11 – 12 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

- Type d'emballage Feuille aluminium - pellicules plastiques
- Température de conservation 0 – 2° C

#### OBSERVATIONS

L'apport de levain fongique effectué dans le lait peut être complété par une inoculation de spores à la mise en moules après effritage du caillé.

#### FROMAGE

- NOM: GRANA PAYS: ITALIE

#### - CARACTÉRISTIQUES

- Matière première Lait de vache
- Type Fromage à pâte très dure
- Poids - forme Poids: 24 – 40 kg. Meule plate: Ø: 35 - 45 cm - H: 18 - 24 cm
- Aspect Croûte très sèche, rugueuse. Pâte cassante, soit blanche à jaune clair (Grana padano). soit jaune foncé (Grana reggiano)
- Matière sèche 64 – 72 %
- Matière grasse 32 – 38 %

#### TECHNOLOGIE

### - PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE

- Ajustement matière grasse Standardisation par écrémage naturel pendant 10 – 12 h
- Traitement thermique Néant (utilisation de lait cru)
- Maturation Pendant la phase de repos nécessaire à l'écrémage spontané

### - COAGULATION

- Type Coagulation par voie enzymatique dominante
- Auxiliaires de coagulation
  - chlorure de calcium Néant
  - levains lactiques Apport de mésophiles et de thermophiles sous forme de sérum acidifié
  - enzyme coagulante Présure en poudre (f: 1/100.000): 1,5 – 3 g/100 kg lait
- Acidité 18 – 20° D
- Température 30 – 32° C
- Temps de flocculation 10 – 15 mn
- Temps de coagulation totale 13 – 20 mn

### - EGOUTTAGE

- Type Egouttage accentué par tranchage et chauffage
- Chronologie des traitements
  - Tranchage Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,2 – 0,3 cm)
  - Agitation avec montée progressive en température:  
1ère phase: de 35 à 45° C en 10 – 15 mn

04/11/2011

	La fromagerie et les variétés de froma...
Brassage	2ème phase: brassage 15 mn à 45° C
Moulage	3ème phase: de 45 à 53 – 58° C en 15 – 30 mn Décantation des grains, puis extraction et moulage
Pressage	Pressage énergique pendant 20 – 24 h
Ressuyage	Ressuyage et acidification pendant 24 à 72 h à 15 – 18° C
Salage	
Mode	Salage par la surface en saumure (C: 25 – 28 % NaCl - T: 15 – 16° C - t: 25 – 30 jours)
Taux de sel	3 %
• Traitement après salage	Séjour en cave chaude (T: 24 – 26° C) pour formation de la croûte, de la couleur par “transpiration” du fromage (t: 2 à 5 jours)

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Température	15 – 22° C
• Humidité relative	80 – 85 %
• Durée	12 à 24 mois
• Rendement fromager	5,8 – 6,6 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Néant - pellicules plastiques
• Température de conservation	4 – 10 ° C

#### OBSERVATIONS

La dénomination GRANA est attribuée à un grand nombre de variétés génériques de GRANA dont l'appellation complète dépend du lieu de production. Il existe trois types principaux de GRANA ou PARMESAN: le GRANA PADANO est fabriqué au nord, dans la région de MILAN; le PARMIGIANO REGGIANO au sud de la péninsule; le GRANA LODIGIANO en Lombardie. Le GRANA ou PARMESAN est le fromage à râper le plus connu dans le monde pour être consommé après incorporation dans les soupes et autres aliments.

## FROMAGE

- NOM:	GRAVIERA	PAYS:	CHYPRE - GRECE
<b>- CARACTERISTIQUES</b>			
• Matière première	Lait de brebis principalement		
• Type	Pâte dure à fermentation propionique		
• Poids - forme	Poids: 15 – 18 kg. Forme de meule: Ø: 30 – 40 cm, H: 10 – 14 cm		
• Aspect	Croûte lisse, sèche. Aspect bombé, faces et talons convexes. Pâte homogène avec trous sphériques (Ø: 0,5 – 1 cm) d'origine fermentaire		
• Matière sèche	58 à 63 %		
• Matière grasse	40 à 50 %		

## TECHNOLOGIE

- PREPARATION DE LA MATIERE PREMIERE	
• Ajustement matière grasse	Standardisation à 2,5 – 3 % M.G.
• Traitement thermique	Néant

- Maturation

- COAGULATION

• Type	Coagulation par voie enzymatique dominante
• Auxiliaires de coagulation	
chlorure de calcium	Néant
levains lactiques	Néant
enzyme coagulante	Présure (f: 1/100.000): 2 – 2,5 g/100 kg lait
• Acidité	16 – 18° D
• Température	33 – 36° C
• Temps de flocculation	8 – 15 mn
• Temps de coagulation totale	25 – 30 mn

- EGOUTTAGE

• Type	Egouttage accentué par tranchage, par chauffage et par pressage
• Chronologie des traitements	
Tranchage	Tranchage en grains réguliers ( $\varnothing$ : 0,4 – 0,5 cm)
	1ère phase: t: 5 – 10 mn, T: 33 – 36° C
Brassage	2ème phase: montée en température à 48 – 52° C en 30 – 40 mn
	3ème phase: t: 10 – 25 mn, T: 48 – 52° C
Moulage	Décantation des grains. Prélèvement à l'aide d'une toile, puis mise en moules

04/11/2011

La fromagerie et les variétés de froma...

Pressage	Pressage pendant 12 – 16 h sous pression croissante
Salage	
Mode	Salage par la surface et à sec pendant 10 à 20 jours
Taux de sel	2 – 3 %

- Traitement après salage

Education facultative de la croûte avec de la saumure diluée ou avec de l'huile d'olive

#### - AFFINAGE

• Type	Fromage avec affinage à l'air
• Température	12 – 18° C
• Humidité relative	85 – 95 %
• Durée	90 – 120 jours
• Rendement fromager	15 – 18 kg/100 kg lait

#### - EMBALLAGE - CONSERVATION

• Type d'emballage	Papiers. Pellicules plastiques
• Température de conservation	5 – 10° C

#### OBSERVATIONS

Le fromage GRAVIERA est un dérivé local du GRUYERE suisse; les variantes existent en Grèce sous les noms de AGRAFA - PINDOS - SKYROS.

