



**TECHNIQUES  
DE L'INGÉNIEUR**

Réf. : **F6306 V1**

Date de publication :  
**10 décembre 2001**

# Procédés de transformation fromagère (partie 2)

Cet article est issu de : **Procédés chimie - bio - agro | Agroalimentaire**

par **Henri GOUDÉDRANCHE,**  
**Bénédicte CAMIER-CAUDRON, Jean-Yves GASSI,**  
**Pierre SCHUCK**

**Pour toute question :**  
Service Relation clientèle  
Techniques de l'Ingénieur  
Immeuble Pleyad 1  
39, boulevard Ornano  
93288 Saint-Denis Cedex

**Par mail :**  
infos.clients@teching.com  
**Par téléphone :**  
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **09/09/2022**

Pour le compte : **7200050014 - enilbio // beatrice AUBERT // 37.71.146.142**

© Techniques de l'Ingénieur | tous droits réservés

# Procédés de transformation fromagère (partie 2)

par **Henri GOUDÉDRANCHE**

**Bénédicte CAMIER-CAUDRON**

**Jean-Yves GASSI**

**Pierre SCHUCK**

*Ingénieurs au Laboratoire de recherches et de technologie laitière (LRTL, INRA)*

<b>1. Caractéristiques particulières de fabrication des fromages à pâte molle</b> .....	F 6 306 - 2
1.1 Réglementation et hygiène.....	— 2
1.2 Particularités technologiques.....	— 2
<b>2. Procédés de fabrication suivant le type de fromage</b> .....	— 9
2.1 Fromages à pâte molle à croûte fleurie .....	— 9
2.2 Fromages à pâte molle à croûte lavée.....	— 13
2.3 Fromages à pâte molle au lait de chèvre .....	— 15
2.4 Fromages à pâte molle persillée ( <i>blue veined cheese</i> ) .....	— 15
2.5 Fromages à pâte molle saumurée ( <i>white brined cheese</i> ) .....	— 20
2.6 Fromages à pâte molle à partir de lait ultrafiltré.....	— 20
<b>Procédés de fabrication de fromages à pâte pressée</b> .....	F 6 307
<b>Procédés de fabrication des fromages de lactosérum (<i>whey cheese</i>)</b> .....	F 6 307
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. F 6 308

**C**et article fait suite à l'article [F 6 305] dans lequel ont été traités les principes généraux de transformation fromagère ainsi que ceux particuliers aux fromages frais.

Ces derniers, avec les fromages à pâte molle et à pâte pressée, représentent les trois grandes familles de fromages en France, avec des valeurs assez proches des tonnages produits.

Le dernier article [F 6 307] est consacré à la fabrication de fromages à pâte pressée, ainsi que de fromages dits de lactosérum qui forment une famille à part. Enfin, des données économiques, ainsi que les références bibliographiques se trouvent en [Doc. F 6 308].

# 1. Caractéristiques particulières de fabrication des fromages à pâte molle

## 1.1 Réglementation et hygiène

Les pâtes molles constituent une vaste famille de fromages qui regroupe aussi bien des produits traditionnels comme les fromages AOC (d'appellation d'origine contrôlée), que des produits industriels ou des spécialités.

Des techniques de fabrication et des conduites d'affinage variées [42] sont à l'origine de leur grande diversité.

Avec 472 807 tonnes produites en 1999, les pâtes molles représentent environ 28 % du tonnage de la production fromagère française (tableau B en [Doc. F 6 308]).

Selon les normes internationales (A-6/1978) de la FAO (Food and Agriculture Organisation) et de l'OMS (Organisation mondiale de la santé), un fromage à pâte molle (*soft cheese type*) doit avoir une teneur en HFD (humidité dans le fromage dégraissé), supérieure à 67 % [45].

Cette humidité est donnée par la formule :

$$HFD(\%) = 100 \frac{100 - \text{teneur en extrait sec}}{100 - \text{teneur en matière grasse}}$$

Au niveau français, l'article 9 du décret n° 53-1048 du 26 octobre 1953 définit les fromages à pâte molle comme étant « des fromages ayant, indépendamment de la fermentation lactique, subi d'autres fermentations, dont la pâte n'est ni cuite ni pressée et qui peuvent comporter des moisissures internes ».

Les caractéristiques bactériologiques des fromages à pâte molle sont définies dans le journal officiel du 21/04/1994 du 30 mars 1994, annexe B (tableau 1).

## 1.2 Particularités technologiques

### 1.2.1 Préparation du lait

■ La **microfiltration du lait écrémé** à l'aide d'une membrane de diamètre de pore 1,4 µm permet, sans devoir pasteuriser le lait (72 à 75 °C, 10 à 30 s), de satisfaire en toute sécurité aux normes bactériologiques des fromages à pâte molle fabriqués à partir de lait cru [46].

Cependant, si l'emploi de laits microfiltrés, « ultrapropres » (30 à 50 bactéries/mL) se développe et assure des fromages sans défaut et à risque hygiénique quasi nul, ces derniers ont des caractéristiques organoleptiques plus neutres. Afin de pallier ce manque de typicité, les entreprises utilisent leurs souchiers spécifiques pour recomposer un écosystème bactérien [47] similaire à la flore sauvage du lait cru (tableau 2). Les écosystèmes ainsi recomposés incluent souvent l'espèce *Hafnia alvei*.

**Tableau 1 – Caractéristiques bactériologiques des fromages à pâte molle [39]**

Type de fromage	<i>Listeria monocytogenes</i> (1) (2)	<i>Salmonella spp</i> (2)	<i>Staphylococcus aureus</i> (3)	<i>Escherichia coli</i> (3)	Coliformes à 30 °C (3)
Fromages à pâte molle au lait cru et au lait thermisé	Absence dans 25 g	Absence dans 1 g	<i>m</i> = 1 000 <i>M</i> = 10 000	<i>m</i> = 10 000 <i>M</i> = 100 000	
Fromages à pâte persillée au lait cru et au lait thermisé	<i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	<i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	<i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	<i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	
Fromages à pâte molle au lait traité thermiquement	Absence dans 25 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	<i>m</i> = 100 <i>M</i> = 1 000 <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	<i>m</i> = 100 <i>M</i> = 1 000 <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	<i>m</i> = 10 000 <i>M</i> = 100 000 <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2
Fromages à pâte persillée au lait traité thermiquement	Absence dans 25 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	<i>m</i> = 100 <i>M</i> = 1 000 <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	<i>m</i> = 10 000 <i>M</i> = 100 000 <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 2	

- (1) Les 25 g sont obtenus par le mélange de 5 prises d'essai de 5 g quand *n* = 5, ou 10 prises d'essai de 2,5 g quand *n* = 10, réalisées dans le même échantillon de produit dans le cas de produit en vrac, ou sur des unités différentes dans le cas de produits conditionnés.
- (2) Les paramètres *n* et *c* sont définis comme suit :  
*n* : nombre d'unités dont se compose l'échantillon  
*c* : nombre maximal d'unités de l'échantillon (composé de *n* unités), dans lesquelles la présence d'un germe peut être mise en évidence et cependant conduire à la conclusion « lot ou produit considéré comme satisfaisant » ou « lot acceptable ».
- (3) Les paramètres *n*, *c*, *m*, *M* sont définis comme suit :  
*n* : nombre d'unités dont se compose l'échantillon.  
*m* : valeur seuil pour le nombre de bactéries ; le lot est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans toutes les unités de l'échantillon ne dépasse pas *m* ;  
*M* : valeur maximale pour le nombre de bactéries ; le lot est considéré comme insatisfaisant si le nombre de bactéries est égal ou supérieur à *M* dans une ou plusieurs unités de l'échantillon.  
*c* : nombre d'unité de l'échantillon dont la teneur en bactéries peut être comprise entre *m* et *M*, le lot étant considéré comme acceptable si la teneur en bactéries des autres unités de l'échantillon est égale ou inférieure à *m*.
- (4) Les normes s'entendent par millilitre (ml) ou par gramme (g).

**Tableau 2 – Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l’affinage du camembert au lait cru [48]**

Groupes microbiens	Principales origines	Principales fonctions
<b>Lactocoques</b> <i>L. lactis</i> <i>L. cremoris</i> <i>L. lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>	Levains lactiques	Acidification
<b>Leuconostocs</b>	Lait, éventuellement levains	Production de composants d’arôme
<b>Lactobacilles</b> <i>Lb. plantarum</i> <i>Lb. casei</i>	Lait	Production de composants d’arôme
<b>Microcoques</b>	Lait, saumure, sel	Protéolyse, dégradation des acides aminés
<b>Bactéries corynéformes</b> <i>Corynebacterium</i> <i>Brevibacterium</i> ( <i>B. linens</i> ) <i>Microbacterium</i> <i>Arthrobacter</i>	Lait, éventuellement levains	Protéolyse, dégradation des acides aminés
<b>Levures</b> <i>Kluyveromyces</i> <i>Debaromyces</i> <i>Saccharomyces</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, éventuellement levain	Production de composants d’arôme
<b>Moisissures</b> <i>Penicillium camemberti</i>	Levain fongique	Désacidification, protéolyse, lipolyse, production de composants d’arôme
<i>Geotrichum candidum</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, éventuellement levain	Protéolyse, lipolyse, production de composants d’arôme

■ Une valeur constante en matière protéique (MP) permet de mieux maîtriser les paramètres de fabrication et d’améliorer la qualité des fromages à pâte molle [49]. Il est bien connu que des laits pauvres en protéines génèrent des accidents de fabrication.

L’enrichissement en MP accroît la productivité des ateliers (10 à 30 %). Une meilleure récupération des protéines du lactosérum dans le caillé et, surtout, une réduction des pertes en fines de caillé dans le lactosérum augmentent le rendement fromager (environ 1 %) en fromagerie de pâtes molles. Le poids final des fromages vendus à la pièce est aussi plus régulier.

Jusqu’à des teneurs de 34 à 35 g/L de protéines, les paramètres de fabrication n’ont pas besoin d’être modifiés. Par contre, au-delà de ce seuil, des défauts de structure (caillé trop ferme, trop égoutté et trop minéralisé) et/ou de texture (ouvertures, lainures) et/ou de flaveur (amertume) peuvent apparaître. Il est alors recommandé d’abaisser les pH et les températures d’ emprésurage, d’augmenter le temps de durcissement du gel, de découper ce dernier en plus gros morceaux, de limiter les brassages pour augmenter le caractère lactique du caillé.

L’utilisation de poudres de lait et de rétentat est également pratiquée [50]. Cependant, l’utilisation de poudre de lait dégrade les aptitudes du lait à la coagulation qui doivent être corrigées avec un apport de minéraux (par exemple 6 à 10 g de phosphate monocalcique/kg de poudre). Le comportement des laits de fabrication en-

chis en poudre de rétentat se rapproche de celui des laits concentrés par ultrafiltration [51].

Les entreprises peuvent aussi incorporer dans le lait des protéines dénaturées de lactosérum [52]. En pratique, un enrichissement de 2,5 à 3 g de matière azotée par litre de lait ne doit pas être dépassé en technologie pâte molle. La rétention de ces protéines dans le caillé s’accompagne d’une augmentation de son hydrophilie (1 g de protéine fixe entre 2 et 3 g d’eau). Afin de contrecarrer le risque d’obtenir des fromages trop humides, il faut favoriser la cinétique de l’égouttage en cuve et en moule. Il est possible d’augmenter la température d’ emprésurage et de découper plus finement.

■ La **diafiltration** ou **l’ajout d’eau** au lait concentré par ultrafiltration permettent de mieux ajuster les teneurs en lactose et l’équilibre minéral [F 6 305, § 1.1.1].

■ Les schémas de **maturation** (pour un même fromage) varient d’une usine à l’autre selon le mode d’organisation du travail. On distingue la maturation primaire (maturation froide ou prématuration à 10 à 12 °C pendant 15 à 20 h) qui consiste à conserver le lait à basse température depuis la réception jusqu’à la fabrication du lendemain, et la maturation secondaire (maturation chaude), qui se déroule à température plus élevée (souvent à température d’ emprésurage) juste avant fabrication.

Les maturations ont pour but :

- d’adapter les ferments au milieu, puis de maîtriser leur développement afin d’atteindre le pH d’ emprésurage [53] ;
- de rétablir les équilibres minéraux, modifiés par la conservation du lait au froid à la ferme, et/ou par les traitements thermiques appliqués à l’usine (thermisation du lait à la réception, pasteurisation après maturation primaire) (figure 1).

L’addition de glucono-delta-lactone (GDL) [54] ou l’injection de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) [55] sont fréquemment utilisées afin d’ajuster le pH du lait, avant emprésurage, avec une très grande précision (pH ± 0,01).

Certaines corrections technologiques, peuvent en dernier lieu compenser les effets d’une mauvaise maîtrise de la maturation (tableau 3).

**Tableau 3 – Incidence et corrections technologiques de la maturation**

	Incidences technologiques	Corrections technologiques
<b>Manque de maturation</b>	Temps de prise plus long	Augmenter la dose de coagulant
	Manque de fermeté du caillé	Augmenter les temps technologiques (durcissement, brassage)
	Sortie de sérum difficile Acidification insuffisante en cours d’égouttage	Augmenter la température de la salle d’égouttage
<b>Excès de maturation</b>	Temps de prise plus court, durcissement plus rapide	Diminuer la dose de coagulant
	Mauvaise cohésion du caillé (grains qui se soudent mal)	Pour compenser le risque de fromages trop déminéralisés, augmenter la température d’ emprésurage
	Grains trop secs qui s’égouttent trop vite	Diminuer les temps de travail Abaisser la température de la salle d’égouttage

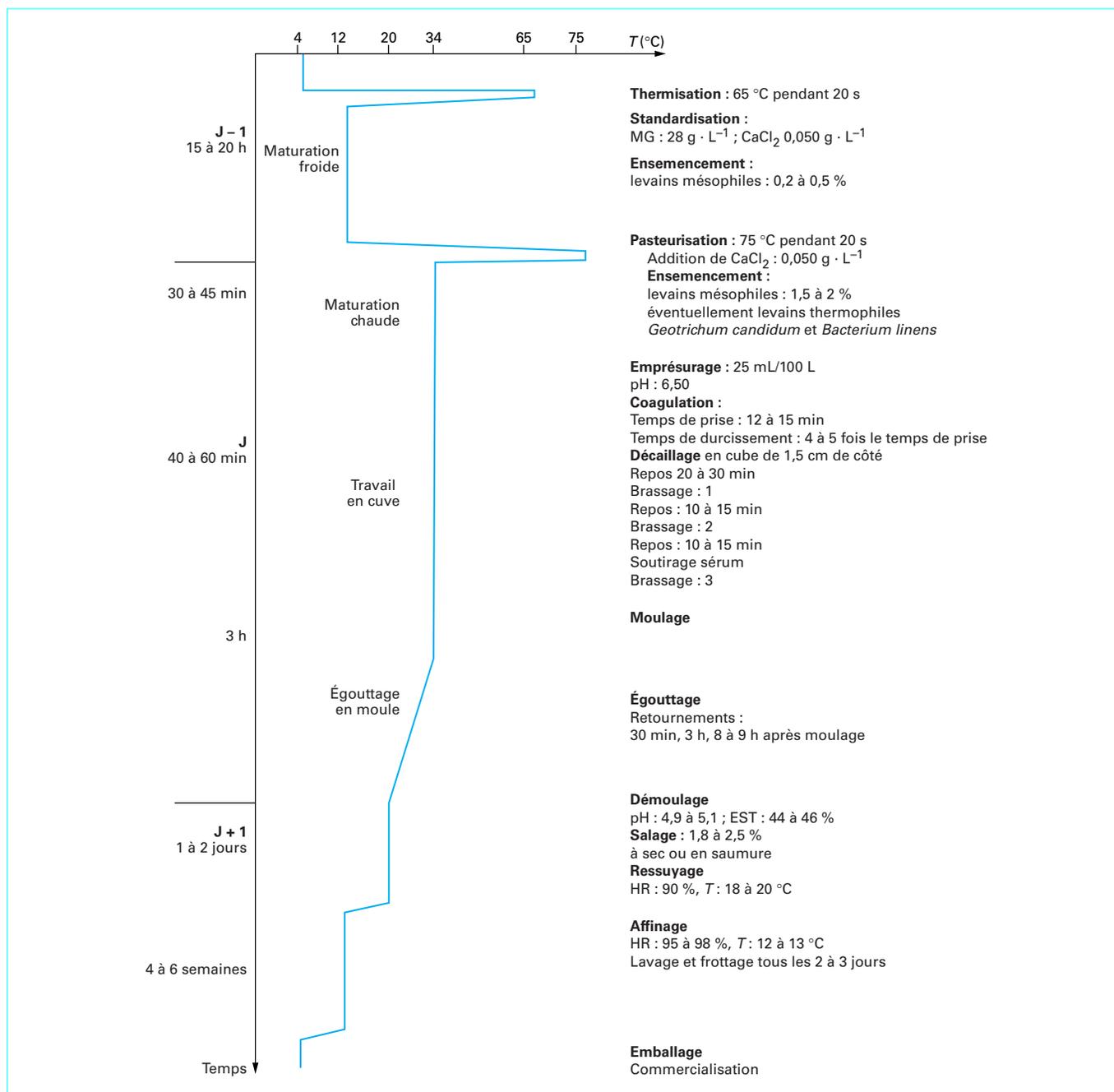


Figure 1 - Exemple de fabrication de fromage à pâte molle à croûte lavée, type munster

### 1.2.2 Coagulation du lait

Dans le cas du camembert, la coagulation, qui résulte de la combinaison de l'acidification et de l'action des enzymes coagulants, donne un gel « mixte » [F 6 305, § 1.1.2].

L'expression « mixte » (lactique et présure) s'applique à un caillé qui peut présenter un caractère **plus ou moins présure ou lactique**. C'est la relation entre la cinétique d'expulsion du lactosérum et l'aci-

dification en moule qui va caractériser un caillé au démoulage, par son pH, son degré de minéralisation (teneur en calcium et phosphore) et sa teneur en lactose.

Les fromages obtenus sont soit à caractère lactique, comme le brie et le saint-marcellin, soit à caractère présure comme le vacherin et le maroilles, en passant par un ensemble de caractères intermédiaires comme le camembert traditionnel mixte à tendance lactique ou le camembert industriel mixte à tendance présure.

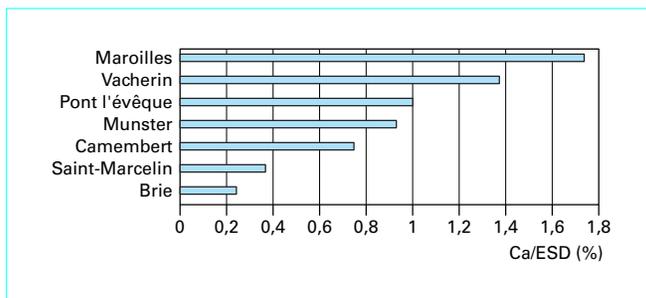


Figure 2 - Degrés de minéralisation de différents fromages à pâte molle

La figure 2 illustre les variations importantes des teneurs en calcium par rapport à l'extrait sec dégraissé de différentes pâtes molles du commerce [56].

Les pâtes molles à caractère mixte sont obtenues par action équilibrée de la voie enzymatique et de la voie acide. Dans ce but, les concentrations en enzymes coagulants sont moyennes (18 à 22 mL/100 L de lait). L'activité acidifiante modérée (pH à l'emprésurage 6,30 à 6,40) et le taux de bactéries lactiques inoculées ( $5 \cdot 10^6$ /mL) sont favorables à la fois à l'action de l'enzyme coagulant et à la croissance des bactéries lactiques [57].

### 1.2.3 Égouttage

Le **découpage** est le facteur mécanique le plus actif sur l'égouttage. Les surfaces des grains en contact avec le lactosérum augmentent de manière exponentielle avec la diminution de l'arête. Le tranchage conduit à un égouttage plus rapide et plus prononcé à mesure que la division du gel s'accroît. Comme le montre la figure 3, l'incidence du tranchage est considérable sur la séparation du lactosérum. En règle générale, plus le caillé en fin d'égouttage doit être sec et minéralisé, plus intense sera le décaillage.

Les tranche-caillé à couteaux se généralisent dans les entreprises. Plus robustes et plus tranchants que ceux à fils lors du découpage, ils occasionnent moins de pertes de fines de caillé dans le sérum.

Le mélange caillé/sérum est ensuite brassé doucement à intervalles réguliers pour éviter l'agglomération des grains de caillé et maintenir une température homogène.

Le moulage est réalisé après soutirage de 20 à 30 % du sérum, pour répartir un mélange homogène caillé/sérum à l'intérieur des moules. Après le moulage, le caillé continue de s'égoutter en moules pendant une vingtaine d'heures.

Les retournements assurent la mise en forme des fromages et poursuivent l'égouttage. Dans le cas de la fabrication de camemberts traditionnels moulés à la louche dans des moules perforés, les retournements permettent de déboucher les orifices obstrués par du caillé et assurent l'homogénéité du produit. Les retournements décolmatent aussi les stores sur lesquels les fromages s'égouttent.

### 1.2.4 Salage

En fabrication de pâtes molles, le salage s'effectue à sec (saupoudrage à la main ou à la machine) ou en saumure par immersion dans un bain généralement saturé en sel [58]. Dans la mesure où le fromage n'est pas salé dans la masse avant le moulage, la prise de sel se fait par diffusion et donne lieu à un gradient de concentration centripète qui tend vers l'équilibre (1,5 à 2 %) en 3 jours pour un camembert salé à sec et 7 à 8 jours pour le même fromage salé en saumure [59].

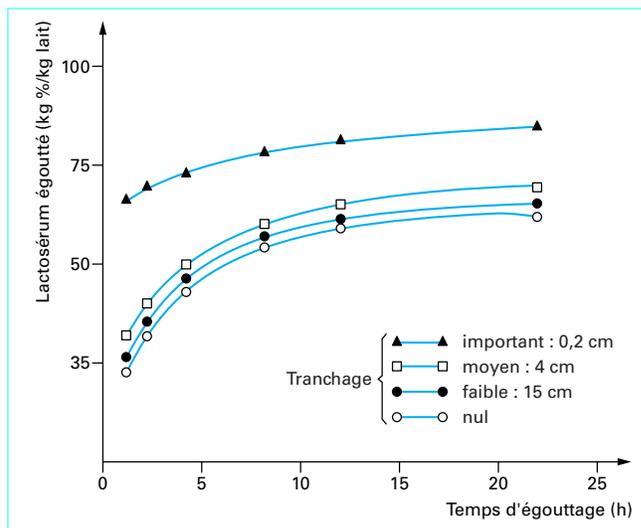


Figure 3 - Effet du tranchage sur l'égouttage du coagulum [57]

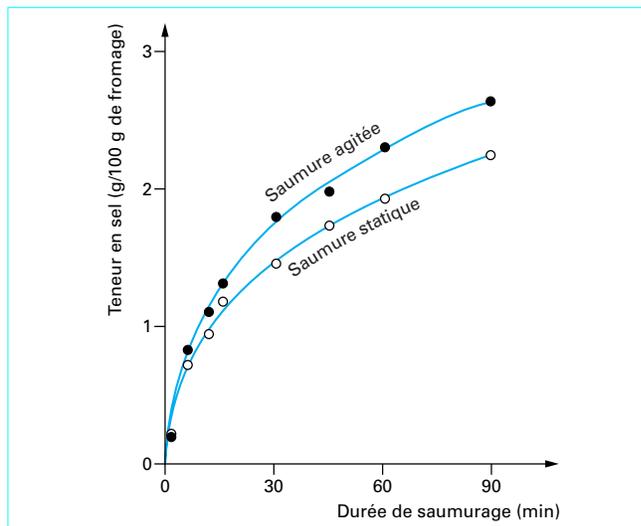


Figure 4 - Cinétique de l'absorption de sel par des camemberts (température : 14 °C, saumure saturée) [59]

Le salage à sec, à l'aide d'une machine tend à se développer en usine, en particulier pour la fabrication de camembert. L'investissement, la taille et l'entretien d'une saleuse au sel sec sont plus avantageux qu'un ensemble d'équipement avec des bains de saumure. Sans régénération, une saumure à pâtes molles peut être utilisée trois à quatre semaines, au-delà certains risques, surtout fongiques apparaissent.

La température de la saumure, en moyenne de 10 à 14 °C, ainsi que son agitation règlent la vitesse des échanges. La durée de saumurage, varie selon le format et la porosité des fromages. Elle permet de contrôler la teneur en sel du produit (figure 4).

Le pH de la saumure doit être proche de celui du fromage. Il est réglé par addition d'acide lactique dans une saumure neuve. Une acidité de 60 à 110 °D est préconisée (1 degré Dornic correspond à  $0,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  d'acide lactique).

### 1.2.5 Affinage

L'affinage va permettre :

- un développement de la flore de surface ;
- la protéolyse et la lipolyse de la pâte ;
- le développement des qualités organoleptiques, saveur et texture.

De nombreux micro-organismes interviennent au cours de ces transformations complexes.

Au début de l'affinage, alors que le caillé acide est essentiellement peuplé de bactéries lactiques (environ  $10^9 \text{ g}^{-1}$ ), la surface du fromage se couvre d'une flore acidophile formée de levures (tableau 4) et de *Geotrichum candidum*.

La teneur en lactose (environ 0,3 % au salage) diminue rapidement entre le 4<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> jour, surtout en surface, lors du développement des levures et des moisissures (figure 5).

En technologie pâte molle, les teneurs en lactose résiduel sont très variables et fortement liées au type de caillé obtenu au démoulage ; elles diminuent quand on passe d'un caillé lactique à un caillé à caractère présure. La teneur en lactates métabolisés par les levures et les moisissures suit la même cinétique. Cette dégradation neutralise le pH du fromage.

Dans une pâte de type camembert, le pH remonte rapidement et atteint en surface une valeur proche de 7 en fin d'affinage (figure 6).

Le développement d'un *Geotrichum* de forme moisissure limite l'épaisseur de la flore de surface. La tendance actuelle semble aller vers un ensemencement mixte de *Geotrichum candidum*, de levures d'affinage et de *Penicillium camemberti*.

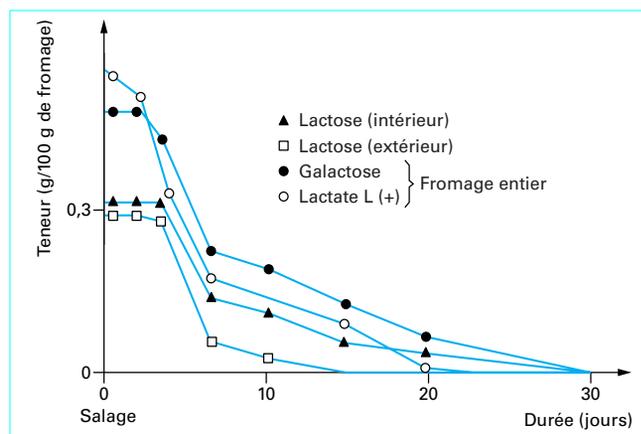


Figure 5 – Évolution du lactose et de ses dérivés métaboliques dans le camembert en cours d'affinage [5]

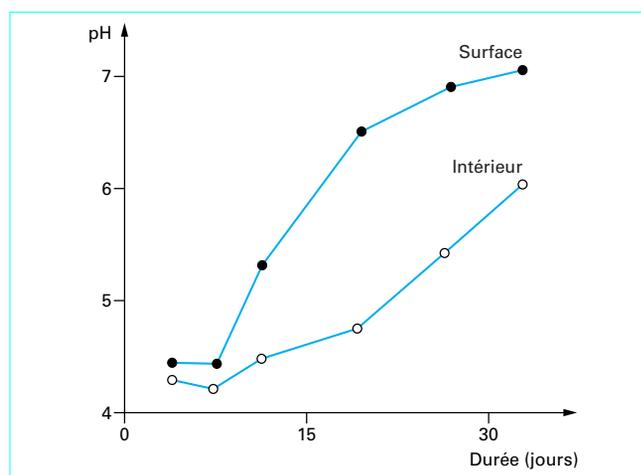


Figure 6 – Évolution du pH au cours de la maturation du camembert [61]

Tableau 4 – Principales levures utilisables en fromagerie de pâtes molles [60] (1)			
Espèces levuriennes	<i>Kluyveromyces lactis</i>	<i>Candida utilis</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>
Fermentation :			
– glucose .....	oui	oui	non
– lactose .....	oui	non	non
Assimilation :			
– lactose .....	oui	non	oui
– lactates .....	oui	oui	oui
Neutralisation du pH	+	+++	++
Aromatisation	++	++	+
Croissance :			
– surface .....	+++	+++	+++
– profondeur .....	+++	+++	+
Température optimale .....	30 °C	21 à 30 °C	21 à 25 °C
Croissance à 12 °C ...	Faible	Faible	Ralentie/ bonne
Croissance à 4 °C .....	Nulle	Nulle	Nulle
pH optimal .....	4,5	5,5	5,8 à 6,0
NaCl optimal .....	2 %	1 à 4 %	3 à 4 %
Croissance à 4 % .....	++	+++	+++
Mode d'apport	Dans le lait, en pulvérisation sur le fromage	Dans le lait	En pulvérisation sur le fromage
Fromages concernés	Pâtes molles dont le pH au démoulage est < 4,9	Caillés lactiques ou cas particuliers	Pâtes molles à croûte lavée

(1) Effet : + faible, ++ moyen, +++ élevé

Après 6 à 7 jours, les filaments mycéliens du *Penicillium* apparaissent et au bout de 10 à 12 jours le feutrage forme la couverture blanche, caractéristique des pâtes molles à croûte fleurie.

L'activité protéolytique et lipolytique de la flore d'affinage participe à l'aromatisation du fromage. En fin d'affinage, la protéolyse d'un camembert au lait cru est particulièrement importante. L'indice d'affinage du camembert traditionnel, exprimé par le rapport azote soluble à pH 4,6/azote total atteint 30 à 40 % en fin d'affinage. La somme des acides aminés libres et de l'ammoniac représente plus de 10 % de l'azote total [62].

L'humidité relative de l'air des locaux influence directement la dessiccation des fromages. Les pertes de poids (freintes) sont comprises entre 5 et 8 % pour les pâtes molles à croûte fleurie affinées en 9 à 10 jours en hâloir à 12 à 13 °C et 94 à 95 % d'humidité relative.

### 1.2.6 Défauts rencontrés

Nous avons répertorié dans le tableau 5 quelques défauts rencontrés avec les fromages à pâte molle.

Tableau 5 – Quelques défauts des fromages à pâte molle

Défauts	Observations	Causes/Origines	Solutions/Remèdes
<b>DÉFAUTS D'ASPECT</b>			
Bleu [63]	Apparition en surface de taches bleuâtres ou verdâtres  Développement de bleu à l'intérieur de pâtes molles type camembert	Développement de <i>Penicillium expansum (glaucum)</i> et/ou contamination par <i>Penicillium roqueforti</i> Contamination de l'ambiance des salles de fabrication Maintien trop long des faces en contact des stores Acidification insuffisante de laits pauvres en ferments lactiques, associé à l'emploi de souches de <i>Penicillium</i> à tendance acidophile trop marquée  Contamination du lait par l'alimentation des vaches en ensilage de maïs moisi Contamination de l'ambiance des salles de fabrication	Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel Égoutter plus rapidement le fromage Augmenter et/ou adapter la fréquence des retournements Contrôler le comportement des souches de <i>P. camemberti</i> vis-à-vis du pH  Maîtriser la qualité de l'ensilage Éviter les trous de moulage et le feuilletage du caillé
Mucor ; « poil de chat » [64]	Apparition de taches noirâtres au-dessus du feutrage blanc	Développement de mucor ( <i>Mucor mucedo</i> ) Acidification, égouttage et/ou salage insuffisants Contamination par l'air et le personnel Hâloir trop humide insuffisamment ventilé	Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel [65] Favoriser l'acidification, abaisser l'activité de l'eau [66] par un salage et un séchage plus poussés Maîtriser la qualité de l'air (éviter les croisements avec des fromages contaminés) et de l'eau (filtration) Choisir des souches de <i>Penicillium</i> « anti-mucor », se développant rapidement Isoler les fromages dans un local à part Laver les fromages à l'eau pour enlever le mucor
Croûte grasseuse Graisse ou oïdium ou « peau de crapaud »	Croûte épaisse, ridée, grasseuse au toucher et qui tend à se décoller facilement Le <i>Penicillium camemberti</i> a du mal à s'implanter	Développement exagéré de <i>Geotrichum candidum (Oidium lactis)</i> Salage insuffisant et/ou trop tardif Température trop élevée en fin d'égouttage ou en hâloir Manque d'hygiène	Sélectionner une flore d'affinage adaptée (optimiser l'association <i>Geotrichum/Penicillium</i> ) Diminuer les températures des salles en fin d'égouttage Saler les fromages plus tôt Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel Maintenir au froid pendant 24 h à 4 °C les caillés défectueux
Taches noires ou brunes		Contamination par <i>Penicillium bruno-violaceum</i> qui produit de l'acide pubérolique incolore. En présence de sels de fer l'acide devient brun pourpre	Utiliser des matériaux « neutres » en contact avec le lait et les fromages Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel
Taches violettes		Contamination par <i>Penicillium funiculosum</i> qui produit de l'acide pubérolique Hygiène insuffisante	Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel
Taches vert foncé à noires		Contamination par <i>Cladosporium herbarum</i> qui se développe surtout en fin d'affinage Contamination des locaux d'affinage	Nettoyer et désinfecter les locaux d'affinage (gaines de ventilation, ailettes des conditionneurs d'air...)
Taches sèches, farineuses, beige-brunâtre virant parfois au mauve-violacé		Contamination par <i>Scopulariopsis fusca</i> des fromages affinés à partir des papiers et des emballages	Séparer les papiers et les emballages des salles de fabrication Désinfecter régulièrement les salles d'emballage
Jaunissement et brunissement de la croûte	Vieillesse rapide de <i>Penicillium camemberti</i> qui jaunit dans un premier temps puis bruni	Développement inadapté de <i>Penicillium camemberti</i> Condensation sous papier	Réduire le catabolisme de <i>Penicillium camemberti</i> Sélectionner des souches adaptées Éviter la condensation sous papier d'emballage (séchage et refroidissement des fromages avant emballage) Utiliser des matériaux d'emballage plus perméable à la vapeur d'eau

**Tableau 5 – Quelques défauts des fromages à pâte molle (suite)**

Défauts	Observations	Causes/Origines	Solutions/Remèdes
<b>DÉFAUTS DE TEXTURE</b>			
Pâte sèche	Fromage plâtreux, le cœur du fromage reste blanchâtre, ferme et acide	Manque d'affinage à cœur Excès d'acidification Affinage insuffisant dû à un égouttage trop poussé Température de la salle d'égouttage trop élevée	Optimiser les paramètres de fabrication pour réduire l'acidification et l'égouttage Augmenter l' $a_w$ du fromage, favorable à l'activité protéolytique Éviter le séchage au hâloir
Pâte coulante	Fromage qui « s'étale » L'excès d'humidité ne peut être absorbé par les moisissures	Développement excessif de la flore protéolytique Égouttage insuffisant et/ou acidification trop lente Présence de résidus d'antibiotiques ou de résidus chimiques	Optimiser les paramètres de fabrication pour favoriser l'égouttage Augmenter la température de la salle d'égouttage Contrôler la qualité du lait
Gonflement précoce	Multitude de trous ronds plus ou moins importants (de la taille d'une tête d'épingle à la forme d'une éponge)	Contamination par des coliformes et/ou excès de bactéries hétérofermentaires Retard d'acidification et/ou acidification insuffisante Défaut d'égouttage	Nettoyer et désinfecter les locaux et le matériel Veiller à la bonne qualité bactériologique du lait Favoriser l'acidification (levains actifs, absence de phages, d'antibiotiques...)
<b>DÉFAUTS DE GOÛT</b>			
Rance	Lipolyse excessive avec défaut de goût de rance et/ou de savon	Dégradation de la MG par les lipases des bactéries psychotropes présentes dans le lait ( <i>Pseudomonas</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Flavobacterium</i> ) Mauvaises hygiène de traite Température de stockage du lait trop élevée et/ou durée de conservation trop longue Souches de <i>P. camemberti</i> ou <i>roqueforti</i> trop lipolytiques	Diminuer les températures et les temps de stockage du lait, avant fabrication Hygiène de la traite Choisir des souches moins lipolytiques
Amertume [67]		Accumulation dans le milieu de peptides amers (hydrophobes) Nombreuses origines : présence de germes psychotropes, acidification et égouttage trop rapide, coagulants, excès de chlorure de calcium... Excès d'activité de la protéase acide de <i>P. camemberti</i>  En pâtes persillées, contamination de <i>P. roqueforti</i> au stade de la production par <i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>	Limiter l'activité protéasique (qui libère des peptides hydrophobes) : réduire le stock enzymatique, choix des auxiliaires technologiques (ferments, enzyme coagulante, souches de <i>P. camemberti</i> « non amères »), augmenter le pH d'emprésurage et l'égouttage en cuve, diminuer les températures d'affinage Augmenter l'activité peptidasique (qui hydrolyse ces peptides) : choix de flores d'acidification et d'affinage Associer <i>Penicillium camemberti</i> avec <i>Geotrichum candidum</i> [67]  Contrôler la pureté des levains fongiques
Goût de celluloïd		Production de styrène par <i>Penicillium camemberti</i> à partir des acides aminés tels que la phénylalanine lorsque le milieu manque de substrat carboné (acide lactique)	Sélectionner des souches <i>Penicillium camemberti</i> adaptées Diminuer les températures d'affinage (surtout en début)
Goût terreux ou de pomme de terre	Apparition du défaut dans les fromages à croûtes lavées	Contamination du lait par <i>Pseudomonas graveolens</i> d'où la présence du composé 2-méthoxy-3-isopropylpyrazine	Bonne hygiène de la traite, des locaux et du matériel Réduire les temps et/ou les températures de stockage du lait
Goût de champignon		Excès de composé octèn-1-ol-3 Origines technologiques mal connues, oxydation par le <i>Penicillium camemberti</i> d'acides gras insaturés	Sélectionner des souches <i>Penicillium camemberti</i> adaptées

## 2. Procédés de fabrication suivant le type de fromage

### 2.1 Fromages à pâte molle à croûte fleurie

Tous les fromages de cette famille ont en commun une croûte blanche recouvrant une pâte souple et onctueuse.

En France, on dénombre une trentaine de « grands » fromages à croûte fleurie, fabriqués à partir de lait de vache. Ils sont originaires de différentes régions (tableau 6).

Leur composition varie d'un fromage à un autre (tableau 7).

Leur forme et leur teneur en matière grasse (G/S = 100 × teneur en matière grasse/teneur en extrait sec) conditionnent le degré d'affinage et la saveur. Peu épaisse, avec 45 à 50 % de G/S, la pâte affinée des bries, par exemple, offre une saveur assez soutenue. Si le fromage est plus épais, avec 50 à 60 % de G/S, on obtient une pâte crayeuse, encore blanche, à la saveur plus douce, légèrement acidulée. Les pâtes molles dites solubilisées, stabilisées avec 60 à 75 % de G/S ont des goûts encore plus doux et crémeux.

Le tableau 8 présente des fromages à pâte molle, AOC, à croûte fleurie. La production du lait, la fabrication et l'affinage de ces fromages doivent répondre à des normes fixées par décrets [69]. Les critères qualitatifs qui sont contrôlés, portent sur la forme, la tenue, la croûte, la texture de la pâte et le goût.

**Tableau 6 – Principaux fromages à pâte molle et croûte fleurie suivant la région d'origine**

Normandie	Orléanais	Brie
Camembert	Olivet	Brie de Meaux
Carré de Bray	Pithiviers	Brie de Melun
Neufchâtel		Coulommiers
Provence	Champagne	Ardennes
Banon affiné	Chaource	Rocroi (cendré)
	Riçay cendré	
Alsace-Lorraine	Lyonnais	Dauphiné
Carré de l'Est	Rigotte de Condrieu	Saint-félicien
		Saint-marcellin

**Tableau 7 – Compositions moyennes de fromages à pâte molle à croûte fleurie [56]**

Composition	Camembert et apparentés (G/S = 20 à 30 %)	Camembert et apparentés (G/S = 45 %)	Camembert et apparentés (G/S = 60 %)	Pâte molle triple crème (G/S = 75 %)	Brie	Carré de l'Est	Saint-marcellin
Matières sèches ..... (g · kg <sup>-1</sup> )	403	461	539	519	503	498	504
Matière grasse ..... (g · kg <sup>-1</sup> )	111	220	171	400	274	255	281
Protéines (N x 6,38) ... (g · kg <sup>-1</sup> )	247	212			206		
Phosphore ..... (mg · kg <sup>-1</sup> )	2 860	3 090	2 990	2 190	2 200	2 760	
Calcium ..... (mg · kg <sup>-1</sup> )	3 150	4 000	3 510	1 730	1 170	2 280	1 800

#### 2.1.1 Camembert au lait cru microfiltré

La figure 7 présente un exemple de fabrication d'un fromage à pâte molle à croûte fleurie (type camembert), à partir de lait cru microfiltré. Ce schéma, dont les opérations successives peuvent varier, intègre les grandes étapes de la fromagerie classique : la préparation des laits, la coagulation, l'égouttage, le salage, l'affinage.

Il existe principalement deux technologies pour la fabrication du camembert à caractère mixte (tableau 9), à savoir :

- la technologie traditionnelle à tendance lactique ;
- la technologie industrielle à tendance présure.

#### 2.1.2 Camembert traditionnel à tendance lactique

En cours de fabrication, le caractère lactique domine. Cette tendance est obtenue par :

- une maturation du lait jusqu'à des pH relativement bas (6,10 à 6,30) au moment de l'emprésurage ;
- un temps de coagulation suffisamment long (50 min à 1 h) ;
- une absence d'égouttage en bassine (éventuellement tranchage grossier avant moulage), celle-ci se produisant lentement en moule sous l'action de l'acidification et de la température.

Après coagulation, la friabilité du gel et son peu de cohésion en bassine interdisent des interventions mécaniques énergiques. Le caillé est délicatement prélevé en bassine avec une louche, puis déposé dans un moule. Progressivement, le caillé se contracte et se tasse, l'égouttage est lent et spontané. Ce phénomène physique appelé synérèse, permet l'expulsion du sérum.

Il est possible de réguler la cinétique d'égouttage en faisant intervenir la température. À des températures de 30 à 34 °C avec le développement des bactéries lactiques, l'acidification et la synérèse sont favorisées. Au contraire, à basses températures (16 à 18 °C), l'égouttage spontané est presque stoppé.

Un temps de contact caillé/sérum prolongé favorise la déminéralisation du caillé et un pH au démoulage acide (4,60 à 4,70).

Au démoulage, le fromage se caractérise par une faible minéralisation : 0,2 à 0,3 % de calcium. La texture de la pâte apparaît hétérogène et plus cassante.

Des levures de type *Kluyveromyces lactis*, *Candida utilis*, présentes dans le lait cru ou ensemencées dans le lait, participent à l'assimilation de l'acide lactique et à la remontée rapide du pH du caillé en début d'affinage. Grâce à leurs activités caséolytiques et peptidiques, les levures contribuent aussi à l'aromatisation du fromage.

**Tableau 8 – Caractéristiques des fromages à pâte molle, AOC, à croûte fleurie**

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Affinage
<b>Camembert de Normandie</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Diamètre : 10,5 à 11 cm Poids : 250 g minimum Moisissures superficielles, feutrage blanc pouvant laisser apparaître des taches rouges Couleur de pâte blanche à jaune crème Pâte souple sans mollesse, non coulante	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 115 g par fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache cru non additionné de lait concentré, de lait en poudre, de protéines laitières ou de colorants L'emploi du procédé d'ultrafiltration est interdit Lait chauffé à une température maximale de 37 °C Coagulation obtenue uniquement au moyen de la présure Caillé non divisé pouvant être légèrement tranché verticalement, à égouttage spontané Moulage du caillé à l'aide d'une louche d'un diamètre correspondant au moule, opération effectuée de façon discontinue avec un minimum de 4 remplissages successifs par moule Salage exclusivement à sec, légèrement salé	Température comprise entre 10 et 14 °C Les fromages peuvent être placés sur des planches avant conditionnement, en caves à 8 ou 9 °C Durée minimale d'affinage : 21 jours, dont 16 jours dans l'aire géographique délimitée
<b>Brie de Meaux</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Poids entre 2,5 et 3 kg à 4 semaines d'affinage Moisissures superficielles Croûte fine, blanche, parsemée de stries ou de taches rouges Pâte homogène, de teinte crème uniforme	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 44 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait cru de vache emprésuré Légèrement salé, à égouttage spontané. Lait chauffé une seule fois uniquement au moment de l'emprésurage à une température au plus égale à 37 °C Le caillé peut faire l'objet d'un sabrage à l'aide d'une seule lame, le pompage du sérum est interdit Moulage manuel à la « pelle à brie » avant la remontée du sérum dans des moules cylindriques d'un diamètre de 36 à 37 cm Salage à sec exclusivement	Durée minimale d'affinage : 4 semaines à compter du jour de fabrication Lors de la mise en vente au consommateur, le fromage doit pour le moins être affiné sur la moitié de son épaisseur
<b>Brie de Melun</b> Décret du 18 août 1980	Cylindre plat Diamètre : 27 à 28 cm Épaisseur : 3,5 à 4 cm Poids : entre 1,5 et 1,8 kg Moisissures superficielles Croûte fine, blanche, parsemée de stries ou de taches rouges ou brunes Pâte homogène, de teinte crème uniforme	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 40 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait cru de vache emprésuré, à prédominance lactique Lait chauffé une seule fois uniquement au moment de l'emprésurage à une température maximale de 30 °C Coagulation de 18 h au moins, égouttage lent Moulage manuel à la louche Salage à sec exclusivement Légèrement salé	Durée minimale d'affinage : 4 semaines à compter du jour de fabrication
<b>Chaource</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat recouvert de moisissures de <i>Penicillium candidum</i> Deux formats : – petit : diamètre 85 à 90 mm, poids 250 g min – grand : diamètre 110 à 115 mm, poids 450 g min	G/S : 50 % minimum Matière sèche minimale : 40 g pour 100 g de fromage Poids minimal de matière sèche par fromage : – petit : 100 g – grand : 180 g	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré, à prédominance lactique, à égouttage spontané et lent Coagulation de 12 h au moins Le caillé est mis dans des moules ronds, sans fond et perforés permettant l'égouttage qui se termine sur des planches après démoulage Légèrement salé	Durée minimale d'affinage : 2 semaines dans l'aire géographique délimitée
<b>Neufchâtel</b> Décret du 29 décembre 1986	Croûte fleurie de couleur blanche exempte de cavités Six présentations : – bonde cylindrique : diamètre 4,5 cm, hauteur 6,5 cm, poids minimal 100 g – carré : côté 6,5 cm, hauteur 2,4 cm, poids minimal 100 g – briquette : longueur 7 cm, largeur 5 cm, hauteur 3 cm, poids minimal 100 g – double bonde : diamètre 5,8 cm, hauteur 8 cm, poids minimal 200 g – cœur : du centre à la pointe 8,5 cm, d'un arrondi à l'autre 10 cm, hauteur 3,2 cm, poids minimal 200 g – grand cœur : du centre à la pointe 10,5 cm, d'un arrondi à l'autre 14 cm, hauteur 5 cm, poids minimal 600 g	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 40 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré, à caillé malaxé et légèrement pressé	Durée minimale d'affinage : 10 jours à compter du jour de l'emprésurage

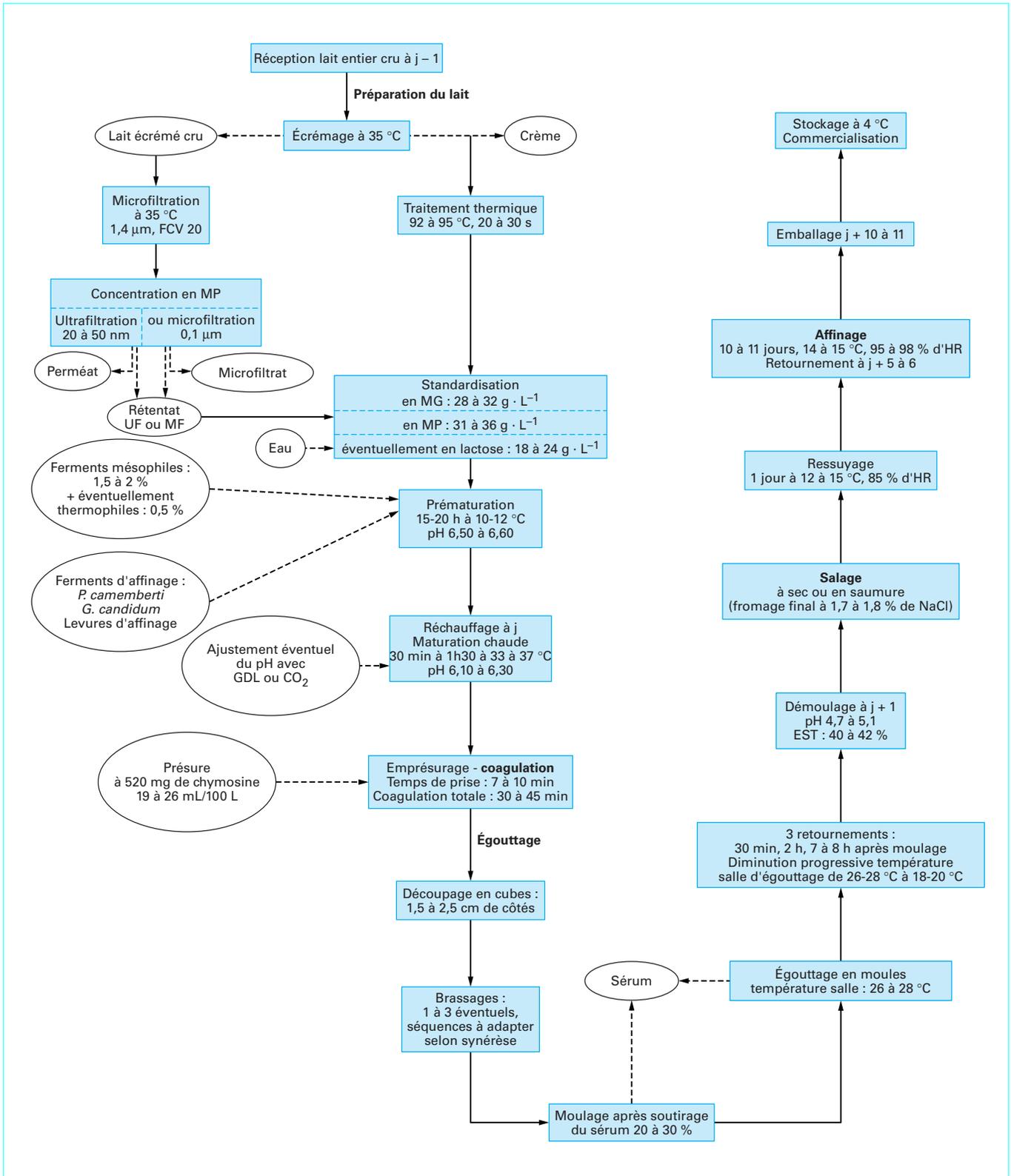


Figure 7 - Schéma général et synthétique de fabrication de fromage à pâte molle à croûte fleurie au lait cru microfiltré

Parution : décembre 2001 - Ce document a été délivré pour le compte de 7200050014 - enilbio // beatrix AUBERT // 37.71.146.142

**Tableau 9 – Technologies du camembert et des pâtes molles modernes [70]**

Préparation du lait	Camembert traditionnel au lait cru	Camembert industriel au lait pasteurisé	Pâte molle moderne au lait pasteurisé
<b>Prématuration</b>	Ferments lactiques mésophiles (FLM) : 0,2 à 0,3 %  $T = 12 \text{ à } 14 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 12 à 20 h	FLM : 0,1 à 0,2 % + $\text{CaCl}_2$  $T = 10 \text{ à } 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 15 à 20 h	FLM : 0,1 à 0,2 % + $\text{CaCl}_2$  $T = 10 \text{ à } 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 15 à 20 h
<b>Maturation</b>	Paramètres maturation (dose de ferments lactiques mésophiles : 2 à 2,5 %)	Type de levains, $T \text{ } ^\circ\text{C}$ , Temps, adaptés Dose : 1,5 à 2 %	Type de levains, $T \text{ } ^\circ\text{C}$ , Temps, adaptés Thermophiles : 0,8 à 1,2 %
<b>Coagulation</b> Lait à l' emprésurage :			
– pH .....	6,10 à 6,30	6,30 à 6,35	6,45 à 6,55
– acidité .... (°D)	22 à 25	18 à 20	17 à 18
– température (°C)	31 à 33	32 à 35	36 à 40
Dose de présure ..... (mL/100 L)	15 à 20	20 à 25	30 à 35
Temps total de coagulation .....	50 min à 1 h	40 à 50 min	25 à 35 min
<b>Travail en bassine</b>			
Décaillage .....	Aucun	Cubes de 2 à 2,5 cm	Cubes de 1,5 à 2 cm
Brassage .....	Sabrage éventuel avant moulage	Éventuel, discontinu et lent	1 à 2
Durée .....		5 min	30 à 40 min
Dé lactosage .....	Non	Non	Non
<b>Moulage – Égouttage</b>			
Mode .....	À la louche, plusieurs remplissages	En multi-moules, un remplissage	En multi-moules, un remplissage
Retournements .....	1 à 3	3	3 à 4
Acidité au moulage ..... (°D)	16 à 18	14 à 16	7 à 8
<b>Caractéristiques au démoulage</b>			
Acidité du sérum ..... (°D)	100	90 à 100	35 à 60
pH .....	4,60 à 4,70	4,90	5,20 à 5,30
HFD .....	75	72 à 73	69 à 71
G/S .....	≥ 40	≥ 45	≥ 45
Ca/ESD .....	0,6 à 0,7	1 à 1,5	1,8 à 2,2
EST .....	39 à 40	42 à 43	45
Sucres résiduels ..... (g/kg)	15 à 20	10 à 15	2 à 4

### 2.1.3 Camembert industriel à tendance présure (ou enzymatique)

Comparé au camembert traditionnel, la technologie du camembert industriel à tendance présure nécessite :

- à l' emprésurage, un lait plus faiblement mûré (pH de 6,30 à 6,35) et une température plus élevée (32 à 35 °C) ;
- des actions mécaniques (découpage et brassage du caillé) plus ou moins poussées pour favoriser l'expulsion du sérum en cuve ou en bassine ;
- des supports filtrants (plateaux, moules, stores) et un cycle de retournements adapté pour un drainage du sérum plus rapide, comparé à un camembert à tendance lactique ;
- une acidification tardive et modérée.

Pour orienter les caractéristiques d'une fabrication de pâtes molles vers une technologie à tendance présure, le fromager dispose de plusieurs leviers :

- addition de chlorure de calcium (5 à 20 g de  $\text{CaCl}_2$  anhydre/100 L de lait pasteurisé) ;
- utilisation de ferments thermophiles (seuls ou en complément de ferments mésophiles) ;
- pH d' emprésurage (6,55 à 6,60) et température (34 à 36 °C) plus élevés ;
- dose de présure (30 à 40 mL/100 L de lait) plus importante ;
- découpage plus fin du coagulum en cubes de 0,7 à 1,5 cm de côté ;
- brassages en cuve du mélange caillé/sérum ;
- soutirage du sérum (20 à 40 % du poids de lait mis en œuvre) avant moulage ;
- égouttage du sérum en moule (toiles et plateaux adaptés, retournements en cours d'égouttage).

L'application de ces paramètres technologiques et mécaniques accélère l'égouttage du caillé en cuve ou en bassine avant son acidification et sa déminéralisation. La cohésion et l'élasticité du gel permettent des actions mécaniques (décaillage, brassage) qui vont forcer l'égouttage. Au démoulage, les taux de lactose et galactose résiduels plus faibles (10 à 15 g · kg<sup>-1</sup>) limitent les risques de défauts liés à la post-acidification. Les fromages plus riches en calcium et minéraux sont à caractère présure. L'affinage est plus lent.

### 2.1.4 Pâtes molles solubilisées

Ces fromages à tendance présure ont un profil organoleptique plus neutre, leur pâte est onctueuse et ils sont plus stables dans le temps. Ces objectifs sont atteints :

- en enrichissant le lait en matière grasse et en protéines (ultra-filtration, ajout de protéines laitières en poudre) ;
- en limitant l'activité acidifiante et le potentiel enzymatique d'affinage de la flore lactique et non lactique.

Le pH au démoulage, supérieur à 5 (5,10 à 5,20), va influencer le type d'affinage du fromage. Comme une grande partie des enzymes a un pH optimal entre 5 et 6, la protéolyse se fait partout en même temps. La pâte est homogène et l'affinage se déroule dans toute la masse en un temps plus court. Un pH au démoulage supérieur à 5 s'obtient grâce à l'emploi de ferments adaptés (par exemple thermophiles) et/ou les techniques de standardisation de la teneur en lactose.

L'acidification du fromage en cours d'égouttage transforme le calcium colloïdal en calcium soluble qui part dans le sérum. Une acidification moins importante en cours de fabrication permet d'obtenir des fromages à pH plus élevés au démoulage, plus minéralisés et plus humides.

Par contre, si le pH au démoulage est inférieur à 5 (4,6 à 4,7), l'activité enzymatique commence sous la croûte, aidée par l'action protéolytique du *Penicillium* pour aller progressivement vers le centre (cas de pâtes molles traditionnelles, type camembert). La pâte pré-

sente un cœur plus ou moins dur, l'affinage est centripète, il évolue de l'extérieur vers l'intérieur du fromage.

Un délactosage ou un ajustement de la teneur en lactose, par diafiltration ou par addition d'eau au rétentat d'ultrafiltration, à 18 à 22 g · L<sup>-1</sup>, limite la production d'acide lactique et de lactates par les bactéries lactiques.

Le délactosage, après décaillage, s'effectue classiquement en deux temps :

- le soutirage d'une quantité de sérum variable suivant l'acidité du sérum au décaillage et le pH souhaité au démoulage (20 à 40 % du volume de lait mis en œuvre) ;
- le lavage ou l'addition d'un volume d'eau au mélange caillé/sérum qui diminue la concentration en lactose du mélange caillé/sérum.

Dans certaines fabrications, au cours de l'égouttage, le pH est bloqué par le froid à un niveau identique d'une fabrication à l'autre. Le refroidissement peut se faire :

- par convection (batteries, tunnel de refroidissement) ;
- par aspersion d'eau froide stérile ;
- par saumurage.

C'est ce blocage physique du pH qui conduit à l'appellation pâte molle solubilisée, stabilisée.

## 2.2 Fromages à pâte molle à croûte lavée

Cette famille de pâtes molles est caractérisée par une croûte lisse, souple et brillante de couleur jaune à rouge orangé.

Tout comme les compositions des fromages à pâte molle à croûte fleurie, celles à croûte lavée sont variables (tableau 10).

Les pâtes molles à croûte lavée comptent dans leurs rangs sept AOC : l'époisses (Auxois), le langres (Champagne), le livarot, le pont-l'évêque (Normandie), le maroilles (Thiérache), le mont-d'or ou vacherin du Haut-Doubs, le munster-géromé (Alsace, Lorraine). Nous avons regroupé dans le tableau 11 quelques spécificités technologiques.

Parmi les autres membres de la famille, on peut noter : l'aisy cendré (Auxois), le pavé d'Auge (Normandie), le bergues, la boulette d'Avesnes, le gris de Lille, le crayeux de Roncq, le dauphin (Flandre), le cœur d'Arras (Artois), la pierre-qui-vire (Bourgogne), la bagette de Laon ou de Thiérache (Picardie), le saint-florentin (Auxerrois).

Les techniques de fabrication de ces fromages (figure 1) sont très proches, à quelques variantes près de celles des fromages à pâte molle à croûte fleurie. L'affinage est l'opération majeure d'où ils tirent leurs caractéristiques.

**Tableau 10 – Compositions moyennes de fromages à pâtes molles à croûte lavée [56]**

Composition	Maroilles	Munster	Pont l'évêque	Rouy	Vacherin
Matières sèches ..... (g · kg <sup>-1</sup> )	537	513	498	516	489
Matière grasse ..... (g · kg <sup>-1</sup> )	284	285	239	265	277
Protéines (Nx 6,38) . (g · kg <sup>-1</sup> )	203	197	210	227	206
Phosphore ..... (mg · kg <sup>-1</sup> )	5 500	3 200	3 900	4 110	4 300
Calcium ..... (mg · kg <sup>-1</sup> )	8 000	4 500	5 000	4 770	7 000

**Tableau 11 – Caractéristiques des fromages à pâte molle à croûte lavée à AOC**

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Affinage
<b>Pont-l'évêque</b> Décret du 29 décembre 1986	Carré Fabriqué en quatre formats : – petit pont-l'évêque : côtés 85 à 95 mm – 1/2 (moitié de pont-l'évêque) : côtés 85 à 95 mm – pont-l'évêque : côtés 105 à 115 mm – grand pont-l'évêque : côtés 190 à 210 mm	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : – 85 g (petit pont-l'évêque) – 70 g (pont-l'évêque) – 140 g (pont-l'évêque) – 650 à 850 g (grand pont-l'évêque)	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré, à pâte malaxée, à égouttage forcé, légèrement salé, affiné après ou sans lavage de la croûte	Durée minimale d'affinage : 2 semaines à compter du jour de fabrication
<b>Mont-d'or ou vacherin du Haut-Doubs</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Diamètre du fond de boîte : entre 115 et 330 mm Hauteur de boîte : entre 6 et 7 cm Poids : 400 g à 1 kg ; 1,8 kg à 3 kg Cerclé d'une écorce d'épicéa Croûte lavée puis fleurie de couleur jaune à brun clair Pâte crémeuse légèrement salée	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 45 g pour 100 g de fromage	Fabriqué pendant la période du 15 août au 31 mars avec du lait de vache cru, produit à une altitude au moins égale à 700 m Le lait ne peut être chauffé qu'une seule fois au moment de l'emprésurage à une température au plus égale à 40 °C Coagulation du lait obtenue uniquement au moyen de présure Pâte molle non cuite, légèrement pressée Après démoulage, le caillé est cerclé dans une sangle d'épicéa	Affinage effectué sur planche d'épicéa dans une cave dont la température ne dépasse pas 15 °C, avec retournement et frottage à l'eau salée Durée minimale d'affinage : 3 semaines à compter du jour de fabrication

**Tableau 11 – Caractéristiques des fromages à pâte molle à croûte lavée à AOC (suite)**

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Affinage
<b>Munster ou munster-géromé</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Deux formats : – petit munster : diamètre 7 à 12 cm, épaisseur 2 à 6 cm, poids minimal 120 g – munster : diamètre 13 à 19 cm, épaisseur 2,4 à 8 cm, poids minimal 450 g Croûte lissée de couleur jaune à orangé-rouge due essentiellement au développement des ferments du rouge ( <i>Bacterium linens</i> )	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 44 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait cru de vache emprésuré non reconstitué, non concentré, mis en moule après division préalable du caillé, non lavé, non malaxé, à pâte égouttée, salée Croûte lissée, ensemencée par frottages ou autres traitements humides en ferments du rouge ( <i>Bacterium linens</i> )	Durée minimale d'affinage à compter du jour de sa fabrication : – 21 jours pour le munster – 14 jours pour le petit munster
<b>Époisses</b> Décret du 14 mai 1991	Cylindre plat, talon droit ou légèrement bombé Deux formats : – petit : diamètre 95 à 115 mm, hauteur 30 à 45 mm, poids 250 à 350 g – grand : diamètre 165 à 190 mm, hauteur 30 à 45 mm, poids 700 à 1 100 g Croûte lisse ou légèrement ridée et brillante de couleur ivoire orangée à rouge brique due exclusivement à la pigmentation des bactéries de surface, ferments du rouge en particulier Pâte couleur beige clair, souple, onctueuse, molle et légèrement salée	G/S : 50 % minimum Matière sèche minimale : 40 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache entier, le jour du ramassage lorsqu'il est effectué toutes les 48 h maximum ; ou avec un report de 24 h maximum si le ramassage est effectué tous les jours Coagulation à dominante lactique d'une durée d'au moins 6 h Moulage après un découpage grossier du coagulum, sans désagrégation, à égouttage spontané Salage au sel sec	Durée minimale d'affinage : 4 semaines à compter du jour de sa fabrication L'affinage s'accompagne de lavage à l'eau, salée ou non, puis additionnée de marc de Bourgogne de plus en plus concentré jusqu'à maturité. Ces opérations sont effectuées de 1 à 3 fois par semaine L'utilisation de colorant est interdite
<b>Langres</b> Décret du 14 mai 1991	Cylindre avec une cavité dans sa partie supérieure d'une profondeur supérieure à 5 mm Deux formats : – petit : diamètre 75 à 90 mm, hauteur 40 à 60 mm, poids minimum 150 g – grand : diamètre 16 à 20 cm, hauteur 5 à 7 cm, poids minimum 800 g Couleur jaune clair à brun	G/S : 50 % minimum Matière sèche minimale : 42 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache, emprésuré, non concentré et non reconstitué Fabrication le jour même si ramassage a lieu toutes les 48 h ou, avec report de 24 h maximum si ramassage est effectué tous les jours Moulage du caillé, non lavé, non malaxé, à pâte égouttée et salée	Durée minimale d'affinage à compter du jour de sa fabrication : – 15 jours pour le petit format – 21 jours pour le grand format L'addition de colorant végétal « rocou » est admise dans la solution salée de frottage
<b>Livarot</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre Fabriqué en quatre dimensions : – livarot : diamètre 120 mm – 3/4 de livarot : diamètre 106 mm – petit livarot : diamètre 90 mm – 3/4 de livarot : diamètre 70 mm Poids : 350 à 500 g Croûte rougeâtre, généralement cerclée de 3 à 5 lanières	G/S : 40 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : – 230 g (livarot) – 135 g (3/4) – 120 g (petit) – 60 g (1/4)	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache, emprésuré, à caillé divisé malaxé, à égouttage forcé	Durée minimale d'affinage : 3 semaines
<b>Maroilles ou marolles</b> Décret du 29 décembre 1986	Forme de pavé Côtés : 25 à 130 mm Poids : 720 g Petits formats : – le sorbais : poids 540 g, côté de 120 à 125 mm – le mignon : poids 360 g, côté de 110 à 115 mm – le quart : poids 180 g, côté de 80 à 85 mm	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : – 360 g (maroilles) – 270 g (sorbais) – 180 g (mignon) – 90 g (quart)	Fabriqué avec du lait de vache, emprésuré dans des moules, à caillé divisé, non lavé, à égouttage spontané Croûte lavée sans utilisation de fongicide	Durée minimale d'affinage en semaines, à compter du jour de fabrication : – 5 (maroilles) – 4 (sorbais) – 3 (mignon) – 2 (quart)

Parution : décembre 2001 - Ce document a été délivré pour le compte de 7200050014 - enilibio // beatrice AUBERT // 37.71.146.142

L'affinage des fromages à pâte molle à croûte lavée est plus long que celui des pâtes molles à croûte fleurie. Les croûtes bactériennes composées d'une flore corynéforme dominante du type *Arthrobacter* ou *Brevibacterium* donnent au fromage un goût et une odeur caractéristiques. Ces micro-organismes aérobies nécessitent un pH proche de la neutralité pour croître [71].

Levures et moisissures, en consommant l'acide lactique, désacidifient la pâte et vont permettre le développement d'une flore bactérienne superficielle acido-sensible constituée principalement de *Brevibacterium linens* et de diverses micrococcacées. D'où l'étape importante de levuration avec utilisation de *Kluyveromyces lactis*, *Debaromyces hansenii*.

La sélection de *Brevibacterium linens* est faite en fonction de la couleur recherchée. Les bactéries produisent une pigmentation ivoire, jaune, orange ou orange vif. Les profils aromatiques recherchés (floral, fruité...) et les activités enzymatiques différentes orientent cette sélection. L'apport principal de ces ferments d'affinage est fait par pulvérisation, trempage ou frottage (lavage) de la croûte. Des lavages répétés maintiennent l'activité de l'eau nécessaire au développement microbien en surface, en particulier de *Brevibacterium linens*.

Lors des soins de cave, on doit retourner régulièrement toutes les faces afin d'assurer une aérobose des croûtes. Dans le cas contraire, des fermentations putréfiantes pourraient avoir lieu sur la face en contact avec le support d'affinage.

L'humidité des locaux doit être proche de la saturation (HR  $\geq$  0,95 %).

Selon les régions et les types de fromages, en fin d'affinage, le lavage de la croûte est parfois effectué avec une eau « enrichie » de bière (Nord), de cidre (Normandie), de marc ou de vin de Bourgogne.

### 2.3 Fromages à pâte molle au lait de chèvre

L'appellation « fromages de chèvre » ou « pur chèvre » est réservée aux fromages exclusivement fabriqués au lait de chèvre, comme ceux bénéficiant d'une AOC.

Les fromages appelés « mi-chèvre » sont obtenus avec au minimum 50 % de lait de chèvre mélangés à du lait de vache. Ils se composent d'au moins 45 g de matière grasse pour 100 g de fromage après complète dessiccation.

Comme pour les fromages au lait de vache, un extrait sec de 23 g pour 100 g de fromage est le minimum pour bénéficier de la dénomination « fromage ». La composition des fromages à pâte molle au lait de chèvre est variable (tableau 12).

Le dénominateur commun de cette famille est sa matière première, le lait de chèvre. La majorité des fromages de chèvre se classe dans la catégorie des pâtes molles à caractère lactique dont la consommation intervient soit à l'état de fromage frais, soit au stade affiné avec ses deux variantes principales : fromages secs dans le Sud-Est ou fromages à croûte fleurie dans les autres régions [75].

Ils sont préparés à partir de caillés mixtes à prise lente, fortement acidifiés (moulage à pH 4,3 à 4,5), avec un égouttage spontané. Le lait de chèvre est plus pauvre en caséine que le lait de vache (23,3 g  $\cdot$  kg<sup>-1</sup> contre 27,2 g  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>) [42], mais il est cependant possible d'obtenir un caillé mixte (à tendance présure), à condition de pratiquer un égouttage mécanique et thermique plus intense que dans le cas des fromages au lait de vache.

Selon le type de fabrication, on retrouve des techniques propres à d'autres fromages à pâte molle au lait de vache [76] [42].

Le tableau 13 présente un schéma général comparatif de fabrications à « prise lente » et à « prise rapide ».

**Tableau 12 – Compositions moyennes de fromages à pâte molle au lait de chèvre [56]**

Composition	Chabi-chou	Crot-tin	Pouli-gny-st-pierre	Sainte-maure	Selles-sur-cher
Matières sèches .... (g $\cdot$ kg <sup>-1</sup> )	538	576	508	590	508
Matière grasse ..... (g $\cdot$ kg <sup>-1</sup> )	296	319	283	289	284
Protéines (Nx 6,38) ..(g $\cdot$ kg <sup>-1</sup> )		198	225	216	169
Phosphore ..... (mg $\cdot$ kg <sup>-1</sup> )	3 200	3 400			
Calcium ..... (mg $\cdot$ kg <sup>-1</sup> )	3 000	1 200	1 380	1 800	990

Ces fabrications diffèrent principalement par la température d'emprésurage, la dose de présure, le temps de coagulation ainsi que la méthode de moulage [77].

La production de lait de chèvre étant saisonnière, les transformateurs ont recours à des techniques de report de la matière première du printemps et d'été jusqu'à l'hiver, époque où il y a le moins de lait sur le marché alors que la demande est grande. Le tableau 14 récapitule ces différentes techniques.

Différentes fabrications AOC sont présentées dans le tableau 15.

### 2.4 Fromages à pâte molle persillée (blue veined cheese)

On nomme « persillées » les pâtes molles au lait de vache, de brebis, de bufflesse, rarement de chèvre, caractérisées par un développement interne de la moisissure *Penicillium roqueforti*. Ces moisissures en se développant donnent les marbrures vertes ou bleues qui « persillent » la pâte des fromages.

L'article 3 du décret n° 88-1206 du 30 décembre 1988 en donne la définition suivante : « La dénomination " bleu " est réservée à un fromage affiné, à pâte légèrement salée, malaxée et persillée en raison de moisissures internes bleues ».

#### 2.4.1 Particularités technologiques

##### ■ Préparation du lait

Elle comprend :

- l'homogénéisation du lait, ou mieux de la crème (5 à 15 MPa), pour améliorer la couleur (blanche, recherchée pour certains types de bleus), l'onctuosité, la texture de la pâte, augmenter les rendements, éventuellement empêcher la remontée de la matière grasse pendant la coagulation du lait et accélérer la lipolyse (apparition de la saveur typique, légèrement piquante) [78] ;

- l'utilisation de bactéries hétérofermentaires (leuconostocs) qui favorisent l'ouverture de la pâte ;

- l'ensemencement en spores de *Penicillium roqueforti* du lait avant emprésurage, ou du caillé au moment de la mise en moule. Le choix des souches est fait en fonction de la pigmentation, des activités protéolytiques, lipolytiques et de l'aptitude à se développer à l'intérieur d'une pâte plus ou moins oxygénée.

**Tableau 13 – Technologies de fromages à pâte molle au lait de chèvre**

Étapes de fabrication	« Prise lente » (caractère lactique)		« Prise rapide » (technologie camembert)	
	« Prise lente » (caractère lactique)	« Prise lente » (caractère lactique)	« Prise rapide » (technologie camembert)	
<b>Préparation du lait</b> Traitement thermique .....	Réception <b>Thermisation ou pasteurisation</b> 65 à 72 °C pendant 15 à 20 s	Réception <b>Absence</b>	Réception <b>Thermisation ou pasteurisation</b> 65 à 72 °C pendant 15 à 20 s	
<b>Maturation</b> Température ..... Durée ..... Ferments mésophiles ..... Chlorure de calcium (CaCl <sub>2</sub> ) ..... Flore d'affinage .....	20 à 25 °C	Chauffage 20 à 25 °C 30 min à 1 h	Maturation longue 10 à 12 °C	Prématuration 24 à 29 °C
	30 min à 2 h	30 min à 1 h	15 à 20 h	1 h 30 à 2 h
	1 à 3 %	1 %	2 à 4 %	1,5 à 2,5 %
	5 à 10 g/100 L		10 à 20 g/100 L	10 à 20 g/100 L
	Éventuellement <i>Penicillium camemberti</i>	Éventuellement <i>Penicillium camemberti</i>	<i>Penicillium camemberti</i>	
			Réchauffage à 32-34 °C	
Acidité Dornic .....	18 à 20 °D	18 à 20 °D	20 °D	
pH à l'emprésurage .....	6,30 à 6,40	6,30 à 6,40	6,20 à 6,30	
<b>Emprésurage – Coagulation</b>				
Dose de présure (1/10 000 <sup>e</sup> ) .....	6 à 10 mL/100 L		14 à 16 mL/100 L	
Temps de prise .....	15 à 60 min			
Temps de coagulation total .....	16 à 24 h		45 à 50 min	
Température .....	20 à 24 °C		32 à 34 °C	
Acidité du sérum à j + 1 .....	55 à 60 °D			
pH du caillé .....	4,4 à 4,5			
<b>Découpage – Moulage – Égouttage</b>	<b>Bassines</b>	<b>Tanks</b>	<b>Bassines/cuves</b>	
	<b>Moulage</b> à j + 1 : – température : 22 à 24 °C – durée 2 à 3 h <b>Retournements</b> : 2 à 3, 15 min – 2 h – 7 h <b>Démoulage</b> : – pH 4,2 à 4,4 – EST 32 à 37 %	<b>Égouttage</b> à j + 1 : – en sacs – filtres Berge – EST 40 à 46 % <b>Moulage</b> : mécanisé (type boudineuse) Le caillé peut être salé dans la masse lors du pétrissage, avant refroidissement et moulage	<b>Découpage</b> en cubes de 2,5 à 3,5 cm de côtés <b>Brassage(s)</b> : éventuel, discontinu et lent Extraction du sérum avant moulage (20 à 30 %) <b>Moulage</b> en blocs-moules 30 à 50 min après découpage <b>Égouttage</b> : température salle décroissante de 24-25 °C à 18-19 °C <b>Retournements</b> : – 1 ; après moulage ; acidité sérum 16 °D – 2 ; moulage + 5 h ; acidité sérum 60 à 70 °D <b>Démoulage</b> à j + 1 : – pH 4,70 à 4,80 – EST 39 à 40 %	
<b>Salage</b>	Soit <b>sel fin</b> à la main ou pulvérisation en machine 1,2 à 1,6 % Soit <b>saumure</b> : – densité 1,120 – température 11 °C – pH 4,5 – durée 15 à 30 min Éventuellement cendrage		Soit <b>sel fin</b> à la main ou pulvérisation en machine 1,2 à 1,6 % Soit <b>saumure</b> : – densité 1,120 – température 11 °C – pH 4,5 – durée 30 à 40 min	
<b>Ressuyage</b>	Durée 1 à 2 jours, mais variable suivant EST du fromage. Hygrométrie : 70 à 85 %. Température : 10 à 14 °C			
<b>Affinage</b>	Ou vente en frais			
Température .....	9 à 12 °C		10 à 14 °C	
Hygrométrie .....	85 %		90 à 95 %	
Durée .....	10 à 12 j		10 à 14 j	
<b>Emballage – Stockage au froid 4 °C</b>	Sous film, en boîtes...		En boîtes	

**Tableau 14 – Différentes techniques de report de matière première pour les fromages au lait de chèvre**

Congélation de caillé frais égoutté	Congélation de lait ultrafiltré	Congélation de fromages en blanc, non affiné
<p><b>Préparation du caillé</b> (type lactique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ensemencement : 2 %</li> <li>– température : 20 à 22 °C</li> <li>– emprésurage : 6 à 8 mL de présure à 520 mg/L pour 100 L</li> <li>– coagulation : 22 h</li> <li>– acidité du sérum : 55 à 62 °D</li> </ul> <p><b>Égouttage</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– filtres Berge : 6 à 12 h</li> <li>– EST : environ 40 %</li> <li>– pH du caillé : 4,3 à 4,4</li> </ul> <p><b>Conditionnement</b> dès la fin de l'égouttage, sans incorporation d'air :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– homogénéisation en pétrin (éventuellement refroidissement par CO<sub>2</sub>)</li> <li>– répartition en sacs polyéthylène, étanches et opaques</li> <li>– plaques de 12 à 15 kg</li> </ul> <p><b>Congélation</b> immédiate en tunnel à – 40 °C</p> <p><b>Stockage</b> 6 mois maximum à – 18 à – 25 °C</p> <p><b>Décongélation</b> à 12 °C</p> <p><b>Fabrication</b> des fromages dès la fin de la décongélation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– malaxage (avec du caillé frais éventuellement)</li> <li>– salage : 1,8 %</li> <li>– moulage en boudineuse</li> </ul> <p><b>Affinage</b> fonction du type de fromage</p>	<p><b>Préparation du lait</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– pasteurisation</li> <li>– écrémage</li> <li>– concentration du lait entier par UF</li> </ul> <p><b>Conditionnement</b> du préfromage liquide : le jour même, en sacs plastiques étanches par plaques de 10 à 35 kg</p> <p><b>Congélation</b> en tunnel à – 40 °C pour obtenir – 20 °C à cœur en 4 h</p> <p><b>Stockage</b> à – 20 °C</p> <p><b>Décongélation</b> rapide, après découpage ou broyage 24 h à 4 °C</p> <p><b>Mise en fabrication</b></p>	<p>Fromage à pâte molle « prise rapide » au démoulage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– EST : 42 à 43 %</li> <li>– pH : 4,6 à 4,7</li> <li>– température : 18 à 20 °C.</li> </ul> <p><b>Mise sur claies</b></p> <p><b>Passage dans un appareil à azote liquide</b> (« Cryosas » de la société « Air-Liquide »). Surgélation rapide en 18 à 25 min à – 20 °C (à cœur).</p> <p><b>Conditionnement</b> en boîte avec sac de polyéthylène par 100 fromages</p> <p><b>Stockage</b> à – 20 °C ; report jusqu'à 6 mois</p> <p><b>Décongélation</b> 12 h à 6-7 °C ; 2 h à 15 °C ; 1 à 2 °C à cœur</p> <p><b>Salage</b> à sec au sel fin en surface</p> <p><b>Ressuyage</b> : EST fin ressuyage : 44 à 45 %</p> <p><b>Affinage</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 8 à 10 j à 10-12 °C</li> <li>– hygrométrie : 92 à 95 %</li> <li>– EST final : 47 à 48 %</li> </ul> <p><b>Emballage</b></p>
Avantages et inconvénients		
<p><b>Avantages</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– technique assez simple à mettre en œuvre</li> </ul> <p><b>Inconvénients</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– problème de texture, pâte collante, granuleuse</li> <li>– risque d'oxydation de la matière grasse</li> <li>– risques de recontamination bactérienne</li> </ul>	<p><b>Avantages</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– conservation d'un produit non acidifié (limitation des risques d'oxydation de la matière grasse)</li> <li>– augmentation des rendements (récupération des protéines du lactosérum)</li> <li>– fabrications fromagères de type lactique ou présure</li> </ul>	<p><b>Avantage</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– fromage de bonne qualité</li> </ul> <p><b>Inconvénient</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– coût élevé</li> </ul>

**Tableau 15 – Caractéristiques des fromages à pâte molle AOC au lait de chèvre**

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Séchage – affinage
<b>Chabichou du Poitou</b> Décret du 29 juin 1990	Forme tronconique dite « bonde » Croûte fine présentant des moisissures superficielles blanches, jaunes ou bleues Aspect de la coupe franc Pâte blanche, de texture homogène et fine pouvant être cassante après un affinage prolongé	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : 40 g	Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre entier Coagulation principalement lactique avec une faible addition de présure Moulage à la louche ou au répartiteur de caillé dans un moule perforé tronconique de dimensions intérieures : – diamètre à la base : 60 mm – diamètre à 65 mm de hauteur : 65 mm – hauteur minimale : 65 mm – hauteur maximale : 160 mm Salage au sel sec ou en saumure Toute forme de report du lait ou du caillé est interdite	Durée minimale d'affinage : 10 jours à compter du jour d'emprésurage Température de 10 à 12 °C Hygrométrie comprise entre 80 et 90 %

**Tableau 15 – Caractéristiques des fromages à pâte molle AOC au lait de chèvre (suite)**

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Séchage – affinage
<b>Chavignol ou crottin de Chavignol</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat très légèrement bombé à la périphérie Croûte fine avec ou sans moisissures blanches ou bleues Pâte blanche ou ivoire, lisse, ferme et homogène pouvant être cassante après un affinage prolongé	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : 47 g	Fabriqué au lait de chèvre entier La production de lait peut éventuellement être reportée sous forme de caillé congelé Coagulation lactique après addition d'une faible quantité de présure Moulage précédé ou non d'un préégouttage sur toile Dimension des moules tronconiques : – diamètre inférieur : 50 mm – diamètre supérieur : 55 mm – hauteur minimale : 55 mm Après salage sur les faces ou sur l'ensemble de la surface, le fromage est séché et affiné	Durée minimale de séchage et d'affinage : 10 jours à compter du jour de fabrication Affinage dans l'aire géographique délimitée
<b>Valençay</b> Décret du 13 juillet 1998	Pyramide tronquée Croûte de couleur gris clair à gris bleuté		Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre cru, entier et non homogénéisé qui provient au plus des quatre dernières traites, voire des deux dernières traites dans le cas de fabrication fermière Coagulation mixte à dominante lactique obtenue à partir du développement d'une flore mésophile Moulage direct du caillé non émietté et sans exercer de pression Égouttage spontané	Durée minimale d'affinage : 7 jours
<b>Picodon de l'Ardèche ou Picodon de la Drôme</b> Décret du 26 avril 1996	Cylindre plat Pâte blanche ou jaune Texture homogène et fine pouvant être cassante après un affinage prolongé Croûte fine présentant des moisissures superficielles blanches, jaunes ou bleues	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche : 40 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre entier Le lait doit présenter un taux butyreux minimal de $28 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ et un taux protéique minimal de $25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ L'addition de lait concentré, de lait en poudre ou de protéines laitières ainsi que l'ultrafiltration sont interdites. L'usage de caillé congelé est interdit Dans le cas d'une production fermière, le lait est cru, dans le cas d'une production laitière, il peut être thermisé Coagulation du lait entre 20 et 25 °C après addition d'une faible quantité de présure préparée à partir de caillettes animales. Caillage, dans un délai ne dépassant pas 6 h après réception du lait à l'atelier ; durée de caillage entre 12 et 48 h (14 h maximum après la traite la plus ancienne en fabrication fermière) Moulage du caillé à pH compris entre 4 et 4,5 sans préégouttage, manuellement à la louche, avec ou sans répartiteur dans des moules individuels. Dimensions intérieures des moules (constitués d'un fond à bords arrondis, percé de trous latéralement et dans le fond) : – diamètre inférieur : 76 mm – diamètre supérieur : 85 mm – hauteur minimale : 60 mm Un retournement minimum doit intervenir au cours de la phase d'égouttage Salage des deux faces du fromage, exclusivement au sel sec, fin ou demi-gros avec au moins un salage sur une face pendant l'égouttage Le démoulage ne doit pas intervenir plus de 48 h après le moulage	Durée minimale de séchage après démoulage : 24 h, dans un local ventilé à température maximale de 23 °C Affinage : 8 jours minimum après séchage, température entre 12 et 18 °C Hygrométrie relative d'au moins 80 % Phase d'affinage pouvant être entrecoupée de périodes de séchage Affinage d'au moins un mois entrecoupé de lavages pour le fromage dit « affiné méthode Dieulefit »

Tableau 15 – Caractéristiques des fromages à pâte molle AOC au lait de chèvre (suite)

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Séchage – affinage
<b>Pouligny saint-pierre</b> Décret du 29 décembre 1986	Pyramide à base carrée Côté inférieur : 90 mm Côté supérieur : 30 mm Hauteur : 125 mm Poids : 250 g Petit format : 70 mm × 30 mm × 85 mm	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche : 90 g par fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre entier Coagulation principalement lactique avec une faible addition de présure	Durée minimale d'affinage : 10 jours à compter du jour de fabrication
<b>Rocamadour</b> Décret du 16 janvier 1996	Cylindre plat Poids : 35 g environ Peau striée, légèrement veloutée, de couleur blanche à crème ou beige foncé	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche : 14 g par fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre entier cru Collecte du lait au maximum toutes les 48 h La collecte doit comporter au plus les quatre dernières traites Le rapport TB/TP (taux butyreux sur taux protéique) du lait de fabrication doit être supérieur à 1 Emprésurage à l'aide de présure animale de force 10 000 ; dose maximum 10 mL pour 100 L de lait à la température de 18 à 23 °C L'emprésurage se fait au maximum sur les deux dernières traites pour les ateliers fermiers et sur les quatre dernières pour les ateliers laitiers Caillage, il doit durer au moins 20 h à une température de 18 °C minimum Coagulation lente Préégouttage d'au moins 12 h obligatoire La congélation du caillé est autorisée, sa réincorporation ne peut intervenir qu'à hauteur de 50 % au maximum du poids du caillé frais mis en œuvre Salage dans la masse par malaxage du caillé, le pourcentage de chlorure de sodium doit être compris entre 0,4 et 0,8 % du poids mis en œuvre Le moulage se réalise en moule individuel ou en plaque multi-moules traditionnelle. Dimensions intérieures des moules : 60 mm de diamètre, 16 mm de hauteur Poids minimal au moulage : 45 g Extrait sec au moulage compris entre 28 et 35 %	Affinage : les fromages sont affinés en hâloirs ou en caves d'affinage en deux phases : – une phase de ressuyage de 24 h minimum à une température inférieure ou égale à 18 °C et une hygrométrie supérieure à 80 % – puis dans un local à une température de 10 °C minimum avec une hygrométrie supérieure à 85 % Les fromages ne peuvent être commercialisés qu'à partir du sixième jour suivant le jour du démoulage
<b>Sainte-maure de Touraine</b> Décret du 11 septembre 1998	Bûche allongée tronconique Poids minimal : 250 g Croûte à moisissures, parfois cendrée avec de la poudre de charbon de bois Pâte blanche ou ivoire Texture homogène et fine	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : 100 g	Fabriqué exclusivement avec du lait de chèvre entier Coagulation principalement lactique avec une faible addition de présure Égouttage spontané Moulage du caillé frais non préégoutté à la louche ou au répartiteur à caillé dans un moule tronconique perforé, dont les dimensions intérieures sont : – diamètre inférieur : 48 mm – diamètre supérieur : 65 mm – hauteur : 280 mm Salage en surface Toutes formes de report du lait ou du caillé sont interdites	Durée minimale d'affinage : 10 jours à compter du jour d'emprésurage à une température comprise entre 10 et 15 °C et une hygrométrie de l'ordre de 90 %
<b>Selles-sur-Cher</b> Décret du 29 décembre 1986	Forme tronconique Diamètre de base et hauteur : 9,5 cm Poids minimal à l'état frais : 200 g Croûte à moisissures superficielles, cendrée au charbon de bois pulvérulent mélangé à du sel	G/S : 45 % minimum Poids minimal de matière sèche par fromage : 55 g	Coagulation lactique du lait de chèvre entier avec addition d'une faible quantité de présure	Durée minimale d'affinage : 10 jours à compter du jour de fabrication

### ■ Travail en cuve et moulage

Les paramètres physiques d'égouttage ont pour but de créer les conditions de développement ultérieur de la moisissure à l'intérieur de la pâte. Le phénomène de « drainage » est renforcé par :

- un dessèchement périphérique limité des grains de caillé (« coiffage » des grains) ;
- l'utilisation de matériel ou de techniques appropriées (toile, tapis ou tubes perforés d'égouttage) pour extraire le sérum avant moulage ;
- l'absence de pressage pour ne pas tasser le caillé.

Ces pratiques retardent la soudure des grains et évitent de compacter la structure du caillé. Les ouvertures technologiques ou mécaniques ainsi formées, peuvent être complétées par des ouvertures de fermentations (leuconostocs).

### ■ Salage et affinage

Le salage (2 à 4 %) est pratiqué de plusieurs façons :

- par frottement au sel sec à la surface (généralement en 2 fois sur 5 à 6 jours) dans une cave humide à 10 °C (roquefort) ;
- par incorporation au caillé chaud à la mise en moule (fourme d'Ambert) ;
- par trempage en saumure saturée (bleu de Bresse).

Les fromages en hâloir sont ensuite percés avec des aiguilles, de part en part, afin de permettre la circulation de l'air indispensable au développement des moisissures aérophiles à l'intérieur du fromage.

Il existe deux grandes classes de pâtes molles persillées dont certaines bénéficient de l'AOC (tableau 16) :

- les bleus à pâte douce (gorgonzola, bleu de Gex, de Bresse, fourme), à caractère mixte à tendance présure ;
- les bleus dits forts (bleu d'Auvergne, roquefort) à dominance lactique.

#### 2.4.2 Exemple de fabrication : le roquefort

La fabrication comporte deux phases distinctes :

- la préparation du fromage en blanc réalisée à l'usine ;
- l'affinage de celui-ci dans les caves de Roquefort.

Le tableau 17 résume sa fabrication.

## 2.5 Fromages à pâte molle saumurée (*white brined cheese*)

Le Codex Alimentarius [79] (Codex Stan 208-1999) décrit ainsi les fromages en saumure : « Les fromages en saumure sont des fromages affinés de consistance ferme à molle, conformes aux dispositions... La pâte présente une coloration blanche à jaunâtre et une texture compacte se prêtant au découpage, et elle est pratiquement exempte de perforations mécaniques. Les fromages n'ont pas véritablement de croûte et ils sont affinés et conservés en saumure jusqu'au moment de leur vente, ou de leur préemballage pour la vente au consommateur. Certains fromages en saumure contiennent des fines herbes et des épices qui font partie de leur identité ».

Ces fromages présentent la caractéristique d'être conditionnés et affinés dans de la saumure (4 à 16 % de sel), à l'intérieur de barils de bois, de jarres, de bidons ou de boîtes métalliques [80]. Cette technique de conservation est particulièrement bien adaptée pour les pays chauds.

Le principal fromage de ce type de pâte molle est la feta, originaire de Grèce.

Elle est traditionnellement fabriquée à partir du lait des espèces locales, préférentiellement de brebis, cependant, le lait de vache est aussi utilisé comme matière première (tableau 18). La technologie de ce type de fromage est à tendance présure.

Les caractéristiques de la feta sont les suivantes :

- forme cubique ou parallélépipédique de taille variable ;
- absence de croûte, pâte blanche, goût acide et un peu rance ;
- texture compacte avec des ouvertures mécaniques.

Les compositions sont variables selon le type de lait et de technologie (tableau 19).

L'affinage va dépendre des stades de consommation : frais ou affinés (2 à 12 mois). Traditionnellement, avant d'être dégustée, la feta est mise à « dégorger » dans l'eau ou dans le lait frais de consommation.

## 2.6 Fromages à pâte molle à partir de lait ultrafiltré

Les premières tentatives de fabrication de fromage à partir de lait ultrafiltré ont concerné les fromages du type pâte molle. Les travaux ont été orientés dans deux directions : la fabrication de fromages existants et le développement de produits nouveaux. Si l'objectif était différent dans les deux cas, il a fallu définir les techniques de préparation du préfromage puis de transformation de celui-ci en fromages par des outils nouveaux.

L'ultrafiltration du lait a favorisé la naissance de plusieurs nouveaux fromages de la catégorie pâtes molles fabriqués à partir de lait de différentes espèces animales : vache, chèvre, brebis. La facilité d'obtention de compositions différentes des préfromages et de développement d'écosystèmes bactériens originaux a permis la diversité de texture et de saveur. Les teneurs en matière azotée, matière grasse, lactose et minéraux peuvent être ajustées dans des proportions variables. La croissance de la flore d'acidification n'est plus liée à la cinétique d'égouttage puisque celui-ci est nul ou très limité. On peut ainsi agir sur la température d'acidification pour favoriser une espèce bactérienne particulière. Une diversité de textures est obtenue en coagulant à divers pH et en modifiant l'hydratation des protéines sérriques retenues. Toutefois, les fromages ultrafiltrés ont une tendance à posséder des textures plutôt souples et onctueuses ce qui ne peut qu'améliorer la qualité organoleptique de fromages à faible teneur en matière grasse.

### 2.6.1 Principes généraux de fabrication

La teneur en matière grasse du lait est généralement ajustée et le lait subit un chauffage de type HTST (72° C pendant 15 s) et parfois plus intense avant d'être soumis à l'ultrafiltration. Son volume est réduit d'un facteur 4 à 6 sur des membranes à seuil de coupure de 20 à 150 g · mol<sup>-1</sup> à la température de 50 °C. La filtration est réalisée sur des appareillages comportant des étages successifs de concentration (3 à 5 en général) assurant une production en continu de rétentat. Lorsqu'une légère déminéralisation est recherchée, le lait peut être légèrement acidifié (pH 6,8 à 6,9) avant ultrafiltration. Dans ce cas, les performances de l'ultrafiltre sont diminuées. Le rétentat d'ultrafiltration est un produit visqueux à comportement rhéofluidifiant [11] qui peut être refroidi à la température de maturation (28 à 44 °C, selon le développement bactérien souhaité) à l'aide d'échangeurs à plaques ou tubulaires.

La maturation est alors conduite, sous la forme liquide, en cuve, après ajout des levains d'acidification. La flore de surface peut être introduite en début de maturation, avant emprésurage ou par pulvérisation sur le fromage.

Tableau 16 – Caractéristiques des fromages à pâte molle persillée AOC

Fromage	Forme – Dimensions – Poids – Description	Composition	Particularités technologiques	Affinage
<b>Bleu d'Auvergne</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Deux formats : – petit : diamètre 10,5 cm, poids 0,350 kg, 0,5 kg, 1 kg – grand : diamètre 20 cm, hauteur 8 à 10 cm, poids 2 à 3 kg Pour le préemballage et pour l'exportation, il peut être sous forme de parallélépipède : – longueur 29 cm – largeur 8,5 cm – hauteur 11 cm – poids 2,5 kg	EST : 52 % minimum G/S : 50 % minimum	Fromage à pâte persillée, non pressée, non cuite, fermentée et salée, fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré	Durée minimale : 4 semaines pour les fromages pesant plus de 1 kg ; 2 semaines au minimum pour ceux dont le poids est inférieur à 1 kg
<b>Bleu du Haut-Jura</b> <b>Bleu de Gex</b> <b>Bleu de Septmoncel</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat, talon légèrement convexe Diamètre : 36 cm Épaisseur : 10 cm Poids moyen : 7,5 kg Croûte fine, sèche, jaunâtre, légèrement farineuse avec présence éventuelle de petites taches rougeâtres Pâte de couleur blanche à ivoire marbrée de moisissures bleu-vert assez pâles, bien réparties dans toute la masse, elle est douce et très légèrement friable	G/S : 50 % minimum Matière sèche minimale : 52 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache transformé à l'état cru emprésuré, à pâte persillée non pressée, non cuite, et salée Conservation du lait de fabrication 2 jours maximum Coagulation du lait uniquement par utilisation de présure Salage à sec dans des cuveaux durant 4 à 6 jours	Durée minimale : 3 semaines à compter du jour de fabrication
<b>Bleu des Causses</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre plat Diamètre : 20 cm Hauteur : 8 à 10 cm Poids : 2,3 à 3 kg Surface propre, sans morge excessive ni tâche	G/S : 45 % minimum Matière sèche minimale : 53 g pour 100 g de fromage	Fabriqué exclusivement avec du lait de vache non écrémé, emprésuré, à pâte persillée non pressée, non cuite, fermentée et salée	Durée minimale : 70 jours à compter du jour de fabrication dans les caves naturelles des Causses
<b>Fourme d'Ambert ou fourme de Montbrison</b> Décret du 29 décembre 1986	Cylindre Diamètre : 13 cm Hauteur : 19 cm Poids : 2,3 à 3 kg Croûte sèche, fleurie qui peut présenter des moisissures blanches et rouges	G/S : 50 % minimum Matière sèche minimale : 50 g pour 100 g de fromage	Fabriqué avec du lait de vache emprésuré Incorporation du sel au caillé à la mise en moule	Durée minimale : 28 jours à compter du jour de fabrication
<b>Roquefort</b> Loi du 26 juillet 1925 Décret du 29 décembre 1986	Cylindre Diamètre : 19 à 20 cm Hauteur : 8,5 à 10,5 cm Poids : 2,5 à 2,9 kg	G/S : 52 % minimum Matière sèche minimale : 56 g pour 100 g de fromage affiné	Fabriqué exclusivement avec du lait de brebis cru Emprésurage au plus tard 48 h après la traite la plus ancienne. Coagulation obtenue uniquement au moyen de présure Salage à sec Les poudres et cultures de <i>P. roqueforti</i> utilisée doivent être préparées en France à partir de souches traditionnelles existant dans les caves naturelles	Durée minimale : 3 semaines dans les caves naturelles de la commune de Roquefort-sur-Saulzon (Aveyron) à compter du jour de fabrication
<b>Bleu du Vercors - Sassenage</b> Décret du 30 juillet 1998	Cylindre plat à talon convexe Croûte à fleur fine constituée d'un léger duvet blanc de type moisissures pouvant tolérer un marbrage de couleur orangée à ivoire de type levures et bactéries d'affinage		Fabriqué à partir de lait entier de vache de races montbéliarde, abondance et villarde. Lait éventuellement partiellement écrémé, il provient au plus de quatre dernières traites sauf dans le cas de production fermière définie (deux dernières traites) Tout additif à l'exclusion du chlorure de calcium est interdit Lait chauffé et ensemencé en <i>Penicillium roqueforti</i> Le caillé est brassé et moulé en plusieurs couches sans pressage	

<b>Préparation du lait</b>	Lait cru entier de brebis Chauffage du lait cru à la température de coagulation de 28 à 32 °C Apport éventuel de ferments lactiques Addition de <i>Penicillium roqueforti</i> , dans le lait ou le caillé au moulage
<b>Travail en cuve</b>	Emprésurage à 30 ± 1 °C avec 25 à 30 mL de présure au 1/10 000 <sup>e</sup> pour 100 L Coagulation totale en 2 h Découpage en cubes de 1,5 à 3 cm Travail mécanique (brassages intermittents du caillé avec repos), pendant 1 h Quantité de sérum éliminée avant moulage : 60 %
<b>Moulage</b>	Incorporation de suspension de <i>Penicillium roqueforti</i>
<b>Égouttage</b>	Durant 3 à 4 jours avec retournements en salle, à 18-20 °C Refroidissement : 1 jour ; température de 10 à 11 °C
<b>Salage</b>	Au sel sec par frottage pendant 5 jours (teneur en sel 4 à 4,5 %)
<b>Affinage</b>	Premier affinage à 8-10 °C pendant 1 mois avec piquage Deuxième affinage sous papier d'aluminium, 2 mois minimum

Étapes de fabrication	Fêta au lait de vache	Fêta au lait de brebis
<b>Préparation du lait</b>		
Standardisation en matière grasse .....	absence ou 50 à 60 g · L <sup>-1</sup>	absence ou 50 à 60 g · L <sup>-1</sup>
Traitement thermique .....	absence ou 72 °C/10 min	
Homogénéisation .....	5 à 12 MPa	absence
<b>Maturation</b>		
Température .....	30 à 34 °C	30 à 34 °C
Durée .....	20 à 60 min	20 à 60 min
Ferments .....	0,2 à 0,3 g · L <sup>-1</sup>	0,1 à 0,2 g · L <sup>-1</sup>
	1 à 2 % <i>Lactococcus lactis subsp lactis</i> (+ éventuellement <i>Lactobacillus casei</i> : rapport 3 : 1) 0,1 à 0,2 % <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (+ éventuellement <i>Streptococcus thermophilus</i> )	
Auxiliaire de fabrication .....	Facultatif, CaCl <sub>2</sub>	Facultatif, CaCl <sub>2</sub>
<b>Emprésurage</b>		
Température .....	30 à 34 °C	
Acidité .....	16 à 18 °D	
pH .....	6,45 à 6,55	
Coagulant .....	15 à 30 mL/100 L de présure ou 3 à 5 g/100 L de présure en pâte	
Temps de prise .....	8 à 15 min	
Temps de coagulation .....	30 à 90 min	

Étapes de fabrication	Fêta au lait de vache	Fêta au lait de brebis
<b>Travail en cuve</b>		
Décaillage .....	Cubes de 1,5 à 3 cm	
pH .....	6,3 à 6,5	
Repos .....	10 à 60 min	
Soutirage sérum .....	Éventuellement, 20 à 25 %	
<b>Moulage</b>		
Sérum :		
pH .....	6,05 à 6,10	5,9 à 6,10
Acidité .....	13 °D	15 à 16 °D
EST .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 66 à 68	75 à 80
Nx 6,38 .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 7,5 à 8	14 à 22
MG .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 3 à 5	7 à 12
<b>Égouttage en moule</b>		
Durée .....	4 à 6 h avec 1 retournement	
Température ambiante .....	18 à 24 °C	
Pressage .....	5 à 10 g · cm <sup>-2</sup> (facultatif)	
pH .....	5,20 à 5,30	
Acidité .....	30 à 35 °D	
<b>Salage à j + 1</b>		
Salage première face Acidification jusqu'au lendemain : pH 4,7 à 4,9 Salage à sec (gros sel) :		
Durée .....	2 à 4 j	
Température .....	10 à 12 °C	
Retournements .....	Toutes les 24 h	
<b>Conditionnement</b>	Sous film, en boîtes, en fût...	

Composition	Feta au lait de brebis	Feta traditionnelle au lait de vache	Feta au lait de vache ultrafiltré
EST .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 480 à 500	480 à 500	420 à 430
G/S .....	(%) 47 à 48	50	45
NaCl .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 50 à 55	25 à 35	25 à 35
Sel/humidité .....	12 à 15	4,5 à 5,5	4,5 à 5,5
Calcium .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 5,6	5,6	5,6
pH .....	4,0 à 5,0	4,0 à 5,0	4,0 à 5,0
NT .....	(g · kg <sup>-1</sup> ) 190 à 200	190 à 200	160 à 170
NS/NT .....	(%)	19 à 21 (2 mois) 30 à 32 (8 mois)	
NPN/NT .....	(%)	8 à 12 (2 mois) 16 à 18 (8 mois)	
NT azote total NS azote soluble NPN azote non protéique			

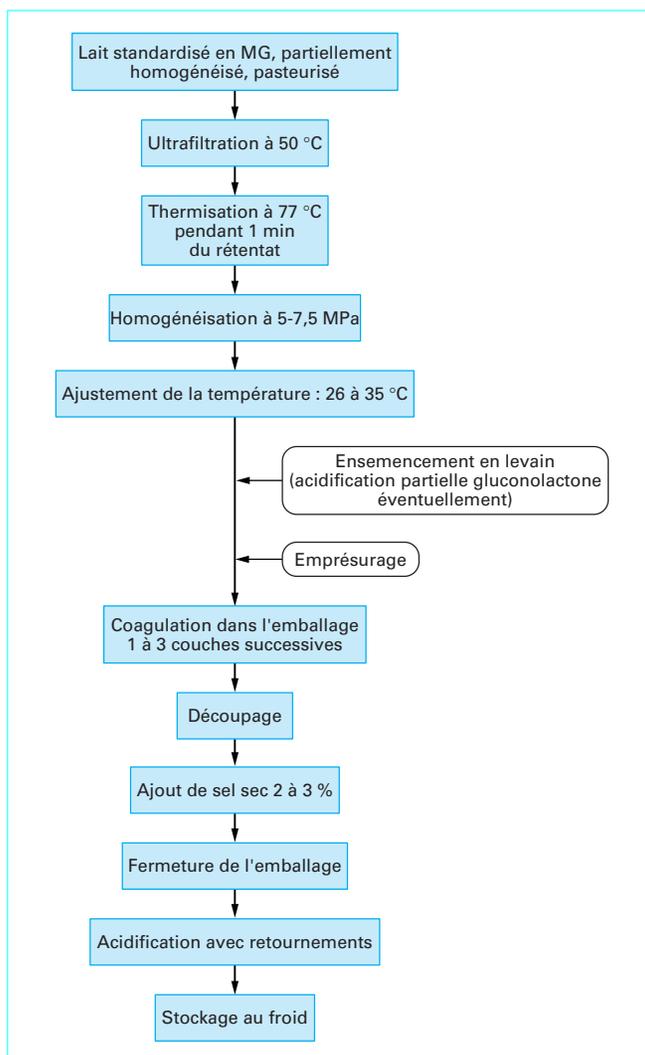


Figure 8 – Fabrication du fromage feta selon le procédé MMV

La présure est ajoutée au préfromage après acidification. Le rôle du pH au moment de la coagulation est important. Si elle intervient à un pH supérieur à 5,5, la texture a une tendance granuleuse, elle se modifie progressivement lorsque le pH descend à une valeur de 5,2 pour devenir très lisse. La présence de sel (0,5 à 1,5 % de chlorure de sodium) modifie la minéralisation des micelles (le sodium se substituant en partie au calcium) et par conséquent la structure du coagulum. Ainsi, une même texture peut être obtenue à pH d'emprésurage plus élevé lorsque plus de 1 % de sel a été ajouté au préfromage. Les quantités de présure utilisées sont en général identiques à celles utilisées pour coaguler le lait à volume égal. Il est ainsi réalisé une économie comparable au facteur de concentration par ultrafiltration pour un même lait initial. La concentration en substrat, la caséine, étant plus importante, la coagulation survient dans des temps comparables. Cependant, lorsque du chlorure de sodium a été ajouté au préfromage, le temps de coagulation est allongé : il est doublé pour une dose de 1,5 % de sel.

La durée de raffermissement de coagulum de préfromage, à la température de coagulation 25 à 35 °C en général, influe sur l'égouttage résiduel. Celui-ci est nul si la durée n'excède pas 2 heures avant

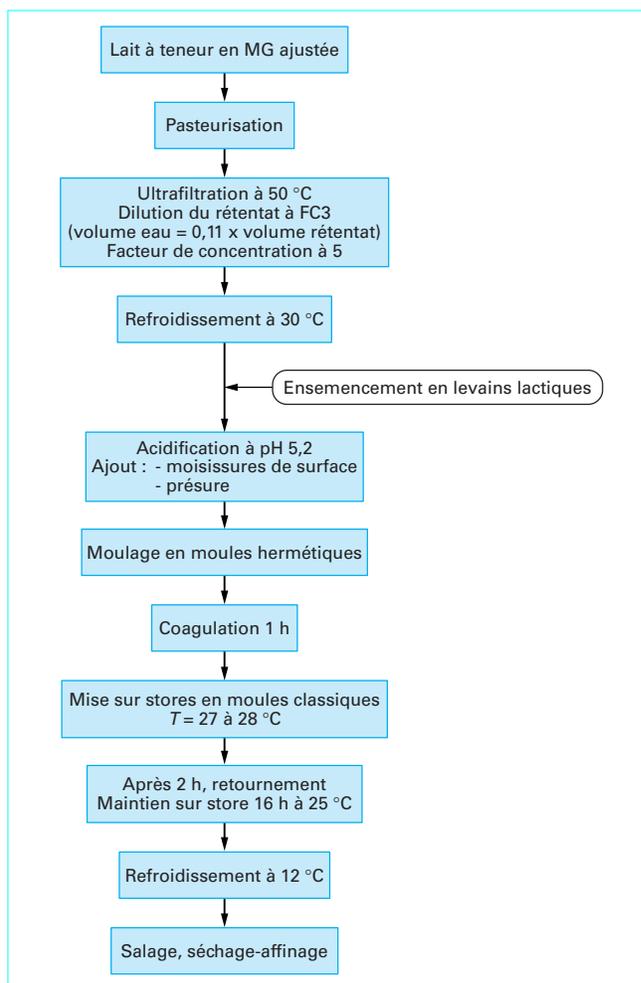


Figure 9 – Fabrication du camembert selon le procédé MMV

le refroidissement à la température d'affinage de 12 °C environ. Il peut représenter jusqu'à 10 à 15 % du poids d'un préfromage concentré d'un facteur de 5 si l'on choisit les paramètres de raffermissement les plus favorables. L'égouttage résiduel est d'autant plus important que le pH de coagulation est élevé et la durée de raffermissement longue. La présence du sel à la concentration voisine de 1,5 % le minimise. Plus l'égouttage est important et plus les pertes en protéines sériques le sont également ce qui a pour effet de diminuer le rendement fromager. Néanmoins, ceci est un moyen de régler la teneur en protéines sériques et la minéralisation du fromage. Après emprésurage, le préfromage est divisé en quantités précises sous forme liquide, ce qui permet de réduire les écarts de poids des fromages vendus à la pièce, puis versé dans un moule à fond hermétique qui donnera sa forme au fromage après coagulation. Pour éviter l'adhésion du fromage à la paroi du moule, celle-ci est enduite, par pulvérisation en général, d'une fine pellicule d'huile alimentaire.

Le moule est équipé en son fond d'un système permettant l'entrée d'air après retournement pour permettre la descente du fromage. La première partie du raffermissement est réalisée dans un moule jusqu'à ce que le fromage atteigne une consistance permettant sa manipulation. La seconde partie s'effectue soit dans le moule de coagulation soit dans un moule classique sur store d'égouttage.

### 2.6.2 Exemple de la feta

Le plus grand succès commercial du procédé MMV [4] est certainement l'application à la fabrication du fromage feta. Son développement, initié au Danemark [83], s'est répandu. Il est fabriqué à partir de lait standardisé selon le procédé décrit dans la figure 8.

La fabrication est simplifiée et la manipulation du coagulum réduite : il n'y a plus aucune opération d'égouttage, la coagulation et le découpage du coagulum en blocs de la taille du fromage sont réalisés dans l'emballage. Ainsi, un rendement maximal est obtenu puisque toutes les protéines sériques sont retenues et qu'il n'y a pas de perte de caséine sous la forme de fines particules formées lors du découpage du coagulum. Le gain de rendement peut ainsi aller jusqu'à 30 %. La thermisation du rétentat, en dénaturant une partie des protéines sériques, et l'homogénéisation contribuent à former la texture. La conduite de ces opérations est un moyen pour parvenir à la texture désirée et pour déterminer la quantité de lactosérum souhaitée dans l'emballage.

### 2.6.3 Exemple du camembert

Parmi les fromages à pâte molle et à croûte fleurie, le camembert a été le premier fromage fabriqué selon le procédé MMV. Le fromage est fabriqué selon le protocole décrit sur la figure 9.

Pour obtenir un fromage de qualité, il est nécessaire de réaliser un bon équilibre minéral, en particulier du calcium, car il participe à la formation de la texture et est une composante du pouvoir tampon qui régule en partie l'affinage.

Les camemberts obtenus selon la technologie décrite dans la figure 9 ont une saveur comparable à celle des fromages conventionnels. Les gains de rendement se situent entre 12 et 15 %. Cependant, la pâte est exempte d'ouvertures ce qui lui donne une plus forte densité et une plus petite taille. Cela peut constituer un handicap pour un fromage vendu à la pièce.

# Procédés de transformation fromagère

par **Henri GOUDÉDRANCHE**  
**Bénédicte CAMIER-CAUDRON**  
**Jean-Yves GASSI**  
**Pierre SCHUCK**

*Ingénieurs au Laboratoire de recherches et de technologie laitière (LRTL, INRA)*

## Données économiques

Les tableaux **A, B, C, D** présentent les quantités produites en France pour les trois grandes familles de fromages.

**Tableau A – Production des fromages frais en France [1]**

Fromages (lait de vache)	Production 1997 (tonnes)	Production 1998 (tonnes)	Variation 1998/1997 (%)
Pâte lissée	250 890	266 279	+ 6,1
Petits-suisse et assimilés	201 931	189 371	- 6,2
Fromages de campagne (louche ou faisselle)	35 736	35 273	- 1,3
Autres fromages frais	40 285	39 319	- 2,4
<b>Total fromages frais</b>	<b>528 842</b>	<b>530 242</b>	<b>+ 0,3</b>

**Tableau B – Production des fromages à pâte molle français [1]**

Fromages	Production 1997 (tonnes)	Production 1998 (tonnes)	Variation 1998/1997 (%)	Productions comparées (1998) (% du total pâte molle)
Camemberts et formes camembert	145 768	141 929	- 2,6	30,2
Brie et coulommiers :				
– brie de Meaux, brie de Melun	8 245	8 947	+ 8,5	1,9
– brie d'autres origines	94 123	93 192	- 1,0	19,8
– coulommiers	56 068	58 072	+ 3,6	12,3
Carré de l'Est	3 988	4 410	+ 10,6	0,9
Autres fromages à pâte molle :				
– chaource	1 823	1 847	+ 1,3	0,4
– livarot	1 283	1 499	+ 16,8	0,3
– maroilles	2 331	2 218	- 4,8	0,5
– mont-d'or	2 877	3 237	+ 12,5	0,7
– munster	9 599	9 497	- 1,1	2,0
– pont-l'évêque	3 602	4 432	+ 23,0	0,9
– époisses	1 196	1 327	+ 11,0	0,3
– saint-marcellin	5 057	4 739	- 6,3	1,0
Divers MG < 40 %	8 177			
Divers 40 < MG < 50 %	16 991	18 960	+ 11,6	4,0
Divers MG ≥ 50 %	96 689	97 115	+ 0,4	20,6
<b>Total fromages à pâte molle</b>	<b>464 131</b>	<b>470 412</b>	<b>+ 1,4</b>	<b>100,0</b>
Total fromages tout lait	1 619 040	1 654 640	+ 2,2	(1)

(1) Le rapport  $\frac{\text{total fromages pâte molle}}{\text{total fromage tout lait}} \times 100$  est égal à 28,4 (en 1998).

**Tableau C – Production des fromages à pâte pressée non cuite en France**

Fromages	Production 1997 (tonnes)	Production 1998 (tonnes)	Variation 1998/1997 (%)
St-paulin et assimilés	40 765	28 507	- 30,1
Edam, gouda, mimolette	10 075	23 707	+ 135,3
Cantal et assimilés	17 647	17 147	- 2,8
Morbier	5 688	6 336	+ 11,4
Reblochon et assimilés	13 534	15 379	+ 13,6
Raclette	34 138	38 442	+ 12,6
Divers < 40 % MG	13 097	13 089	- 0,1
Divers > 40 % MG	42 862	45 586	+ 6,4
Autres	30 847	29 503	- 4,5
<b>Total</b>	<b>208 653</b>	<b>217 696</b>	<b>+ 4,3</b>

**Tableau D – Production des fromages à pâte pressée cuite en France [1]**

Fromages	Production 1997 (tonnes)	Production 1998 (tonnes)	Variation 1998/1997 (%)
Emmental	227 248	242 203	+ 6,6
Comté	42 653	45 753	+ 7,3
Beaufort	3 688	3 989	+ 8,2
Autres (y compris petites meules à trous)	13 134	8 367	- 36,3
<b>Total</b>	<b>286 723</b>	<b>300 312</b>	<b>+ 4,7</b>

### Références bibliographiques

- [1] *L'économie laitière en chiffres*. C.N.I.E.L. – édition 2000.
- [2] SABOYA (L.) et MAUBOIS (J.-L.). – *Current developments of microfiltration technology in the dairy industry*. Lait 80 (2000) p. 541-553.
- [3] GOUDÉDRANCHE (H.), FAUQUANT (J.) et MAUBOIS (J.L.). – *Produits, en particulier laitiers, comprenant des fractions sélectionnées de globules gras, obtention et applications*. Brevet français n° 98-034-78.
- [4] MAUBOIS (J.L.), MOCQUOT (G.) et VASSAL (L.). – *Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers*. Brevet français n° 2 052 121, 1969.
- [5] MIETTON (B.), DESMAZEAUD (M.) et WEBERT (F.). – *Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques. Volume 2*, p. 55-133, Loriga Uriage, 1994.
- [6] BRULE (G.), MAUBOIS (J.L.) et FAUQUANT (J.). – *Étude de la teneur en éléments minéraux des produits obtenus lors de l'ultrafiltration du lait sur membrane*. Le Lait, 539, 1974, p. 600-615, EDP Sciences SA.
- [7] MISTRY (V.U.) et KOSIKOWSKI (F.V.). – *A natural buffered bulk retentate starter from ultra-filtrated milk* (Un levain préparé sur un rétentat d'ultrafiltration de lait, naturellement tamponné). Journal Dairy Science, volume 69, 1985, p. 945-950. American Dairy science Association – 1111 N. Dunlop Avenue – Savoy, IL 61874.
- [8] STENNE (P.). – *Procédé de fabrication et aliments protéiques, notamment de fromages*. Brevet français n° 2232-999, 1973.
- [9] MAHAUT (M.), MAUBOIS (J.L.), ZINK (A.), PANNETIER (R.) et VEYRE (R.). – *Éléments de fabrication de fromages frais par ultrafiltration sur membrane de coagulum de lait*. La technique laitière, 961, 1982, p. 9-13.
- [10] LEGRAET (Y.), LEPIENNE (A.), BRULE (G.) et DUCRUET (P.). – *Migration du calcium et des phosphates inorganiques dans les fromages à pâte molle de type camembert au cours de l'affinage*. Le Lait, 63, 1983, p. 317-332, EDP Sciences SA.
- [11] CULIOLI (J.), BON (J.P.) et MAUBOIS (J.L.). – *Étude de la viscosité des rétentats et des pré-fromages obtenus après traitement du lait par ultrafiltration sur membrane*. Le Lait, 538, 1974, p. 481-500, EDP Sciences SA.
- [12] GOUDÉDRANCHE (H.), MAUBOIS (J.L.), DUCRUET (P.) et MAHAUT (M.). – *Utilization of the new mineral UF membranes for making semi-hard cheeses* (Utilisation de nouvelles membranes minérales d'ultrafiltration pour la fabrication de fromages de type St-paulin). Desalination, 35, 1980, p. 243-256.
- [13] GILLES (J.) et LAWRENCE (R.C.). – *The manufacture of cheese and other fermented products from recombined milk* (La fabrication de fromage et d'autres produits fermentés à partir de lait recombinaison). N.Z. J. Dairy Sci. Technol., n° 16, 1981, p. 1-12.
- [14] SHAKER (R.R.), LELIEVRE (J.), DUNLOP (F.P.) et GILLES (J.). – *A review of the manufacture of cheese from recombined milk* (Une revue sur la fabrication de fromage à partir de lait recombinaison). *Recombination of milk and milk products* (Lait recombinaison et produits laitiers). International seminar, Special issue 9001, Alexandria, Egypte, International Dairy Federation Brussels, 1988.
- [15] VAN HOOYDONK (A.C.), DE KOSTER (P.G.) et BOERRIGTER (I.J.). – *The renneting properties of heated milk* (Les propriétés de coagulation à la présure des laits chauffés). Neth. Milk Dairy J., 1987, n° 41, p. 3-18.
- [16] SINGH (H.), SHALABI (S.I.), FOX (P.F.), FLYNN (A.) et BARRY (A.). – *Rennet coagulation of heated milk : influence of pH, adjustment before or after heating* (Coagulation présure des laits chauffés : influence du pH, ajustement avant et après chauffage). J. Dairy Res., 1988, n° 55, p. 205-15.
- [17] FERRON-BAUMY (C.). – *Contribution à l'étude des mécanismes de la coagulation-présure des laits chauffés*. Thèse ENSA Rennes, 1992.
- [18] DALGLEISH (D.G.). – *The effect of denaturation of  $\beta$ -lactoglobulin on renneting. A quantitative study* (L'effet de la dénaturation de la  $\beta$ -lactoglobuline sur la coagulation présure). Milchwissenschaft, 1990, n° 45, p. 491-4.
- [19] REDDY (I.M.) et KINSELLA (J.E.). – *Interaction of  $\beta$ -lactoglobulin with  $\kappa$ -casein in micelles as assessed by chymosin hydrolysis. Effect of temperature, heating time,  $\beta$ -lactoglobulin concentration and pH* (Interaction de la  $\beta$ -lactoglobuline avec la caséine  $\kappa$  dans la micelle évaluée par hydrolyse à la chymosine. Effet de la température, du temps de chauffage, de la concentration en  $\beta$ -lactoglobuline et du pH). J. Agric. Food Chem., 1990, n° 38, p. 50-8.
- [20] LABLÉE (J.). – *Fabrication de fromages à partir de lait recombinaison. Mise à jour des techno-*

- logies utilisées. Revue Le Lait. Fr., 1979, n° 373, p. 17-20, EDP Sciences SA.
- [21] MIETTON (B.). – Application aux laits recombinés des procédés traditionnels de fabrication des fromages. Rev. ENIL, 1989, n° 130, p. 28-32.
- [22] LENOIR (J.), SCHNEID (N.) et REMEUF (F.). – Le lait de fromagerie. La mise en œuvre de lait en poudre. Le fromage (Eck A, Gillis JC, eds.), 1997, p. 301-323, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- [23] SCHNEID (N.), REMEUF (F.) et LENOIR (J.). – Contribution à la caractérisation des aptitudes fromagères des poudres de lait. Ind. Alim. Agric., 1998, n° 116, p. 21-32.
- [24] PIOT (M.), VACHOT (J.C.), VEAUX (M.), MAUBOIS (J.L.) et BRINKMAN (G.E.). – Écrémage et épuration bactérienne du lait cru par microfiltration sur membrane en flux tangentiel. Tech. Lait. Mark., 1987, n° 1016, p. 42-6.
- [25] VINCENS (D.) et TABARD (J.). – L'élimination des germes microbiens sur membrane de microfiltration. Tech. Lait. Mark., 1988, n° 1033, p. 62-64.
- [26] TROUVE (E.), MAUBOIS (J.L.), PIOT (M.), MADEC (M.N.), FAUQUANT (J.), ROUAULT (A.), TABARD (J.) et BRINKMAN (G.E.). – Rétention de différentes espèces microbiennes lors de l'épuration du lait par microfiltration en flux tangentiel. Lait, 1991, n° 71, p. 1-13, EDP Sciences SA.
- [27] SCHUCK (P.), PIOT (M.), MEJEAN (S.), FAUQUANT (J.), BRULE (G.) et MAUBOIS (J.L.). – Déshydratation des laits enrichis en caséine micellaire par microfiltration ; comparaison des propriétés des poudres obtenues avec celles d'une poudre de lait ultra-propre. Lait, 1994, n° 74, p. 47-63, EDP Sciences SA.
- [28] FAUQUANT (J.), MAUBOIS (J.L.) et PIERRE (A.). – Microfiltration du lait sur membrane minérale. Tech. Lait., 1988, n° 1028, p. 21-23, EDP Sciences SA.
- [29] PIERRE (A.), FAUQUANT (J.), LE GRAËT (Y.), PIOT (M.) et MAUBOIS (J.L.). – Préparation de phosphocaséinate natif par microfiltration sur membrane. Lait, 1992, n° 72, p. 461-74, EDP Sciences SA.
- [30] SCHUCK (P.), PIOT (M.), MEJEAN (S.), LE GRAËT (Y.), FAUQUANT (J.), BRULE (G.) et MAUBOIS (J.L.). – Déshydratation par atomisation de phosphocaséinate natif obtenu par microfiltration sur membrane. Lait, 1994, n° 74, p. 375-88, EDP Sciences SA.
- [31] MAUBOIS (J.L.) et OLLIVIER (G.). – Extraction of milk proteins (Extraction des protéines laitières). Food proteins and their applications (Protéines alimentaires et leurs applications). (Damodaran S, Paraf A, eds). M Dekker, New York, USA, p. 579-95 (1997).
- [32] KANNAN (A.) et JENNESS (R.). – Relation of milk serum proteins and milk salts to the effect of heat treatment on rennet clotting (Relation entre les protéines de lactosérum, les minéraux du lait et le traitement thermique vis-à-vis de la coagulation présure). J. Dairy Sci., 1961, n° 44, p. 808-822.
- [33] QUIBLIER (J.P.), FERRON-BAUMY (C.), GARRIC (G.) et MAUBOIS (J.L.). – Procédé de traitement des laits permettant au moins de conserver leur aptitude fromagère. Brevet français n° 0542583 B1, 1992.
- [34] EL SHIEKH (M.), DUCRUET (P.) et MAUBOIS (J.L.). – Manufacture of Ras cheese from fresh and recombinated milks (Fabrication du fromage Ras à partir de lait frais et de lait recombiné). Lait, 1994, n° 74, p. 297-305, EDP Sciences SA.
- [35] GAREM (A.), SCHUCK (P.) et MAUBOIS (J.L.). – Cheesemaking properties of a new dairy-based powder made by a combinaison of microfiltration and ultrafiltration (Propriétés fromagères d'une nouvelle poudre de lait réalisée par combinaison de la microfiltration et de l'ultrafiltration). Lait, n° 80, 2000, p. 25-32, EDP Sciences SA.
- [36] MAUBOIS (J.L.) et MOCQUOT (G.). – Comment ramener à la même teneur en substance sèche des fabrications de fromage en vue de comparer les « rendements » respectifs. Revue Laitière Française, 1967, 239, p. 15-18.
- [37] GUÉRAULT (A.M.). – La fromagerie devant les techniques nouvelles. 1958, Edition SEPAIL, Paris.
- [38] MAUBOIS (J.L.) et MOCQUOT (G.). – L'appréciation des rendements en fromagerie. Le Lait, 1971, 507, p. 416-420, EDP Sciences SA.
- [39] SOROSTE (A.) et YEDIKARDACHIAN (C.). – Lamy Dehove, réglementation des produits. Qualité, répression des fraudes. Tome 2, 1999, Lamy SA.
- [40] MOREAU (M.). – Étude comparative, technique et économique, des différents procédés de fabrication, des fromages à pâte fraîche. Rapport ENITIAA, 1980.
- [41] MIETTON (B.). – Calcul du réengraissement des pâtes fraîches. Revue des ENIL n° 14.
- [42] LUQUET (F.M.). – Laites et produits laitiers. Volume 1 et 2, Technique et documentation, Lavoisier.
- [43] RENARD (A.C.), LEMOINE (R.) et LEPAPE (M.). – Dossier lait de chèvre. Revue laitière française, n° 602, juin 2000.
- [44] MAHAUT (M.), KOROLCZUK (J.), PANNETIER (R.) et MAUBOIS (J.L.). – Éléments de fabrication de fromage de type pâte molle de lait de chèvre à caractère lactique par ultrafiltration de lait acidifié et coagulé. Technique laitière et marketing, 1011, 1986, p. 24-28.
- [45] NEYERS (F.). – Utilisation de la notion d'HFD en fromagerie. Revue des ENIL, n° 222, mai 1999, p. 40-42.
- [46] MADEC (M.N.), MEJEAN (S.) et MAUBOIS (J.L.). – Retention of Listeria and Salmonella cells containing skim milk by tangential membrane microfiltration (Rétention de Listeria et Salmonella de lait écrémé par microfiltration tangentielle). Lait, n° 72, 1992, p. 327-332, EDP Sciences SA.
- [47] GUEGEN (M.), DESMASURES (N.) et CORROLLER (D.). – Contribution à l'étude de l'impact des flores sauvages dans la fabrication des camemberts AOC. CR Acad. Agric. Fr., n° 5, 1997, p. 41-58, Université de Caen, Basse Normandie, Institut de Recherche en Biologie Appliquée, Laboratoire de Microbiologie Alimentaire.
- [48] LENOIR (J.), LAMBERET (G.) et SCHIMDT (J.L.). – L'élaboration d'un fromage : l'exemple du camembert. Pour la science, n° 48, 1983, p. 30-43, <http://www.pourlascience.com>
- [49] MIETTON (B.). – La préparation des laits de fromagerie en technologie pâtes molles. Revue des ENIL, n° 113, février 1987, p. 22-33.
- [50] MIETTON (B.). – Ajustement des taux protéiques en technologie fromagère. Revue des ENIL, n° 174, novembre 1993, p. 15-31.
- [51] MIETTON (B.), BILLOD (P.) et QUIBLIER (J.P.). – L'enrichissement des laits de fromagerie en matières azotées protéiques en technologie pâte molle, 3<sup>ème</sup> partie : Concentration des laits par ultrafiltration. Revue des ENIL, n° 95, février 1985, p. 18-25.
- [52] MIETTON (B.) et JOURDAIN (C.). – L'enrichissement des laits de fromagerie en matières azotées protéiques en technologie pâte molle, 1<sup>ère</sup> partie : Emploi de protéines sériques dénaturées après concentration par ultrafiltration. Revue des ENIL, n° 81, juin 1983, p. 9-14.
- [53] MIETTON (B.). – La standardisation du pH emprésurage des laits de fromagerie : nécessité et moyens. Revue des ENIL, n° 133, avril 1989, p. 7-16.
- [54] SERPELLONI (M.), DUSAUTOIS (C.), BOUDIER (J.F.) et LABLÉE (J.). – Intérêt de la glucono-delta-lactone dans la standardisation des laits de fromagerie : optimisation du pH d'emprésurage. Revue des ENIL, n° 133, avril 1989, p. 26-33.
- [55] Anonyme. – Standardisation du pH du lait par addition de CO<sub>2</sub>. Process n° 1054, 1990, p. 90.
- [56] CIQUAL et REGAL. – Répertoire des aliments. Table de composition des produits laitiers. Tome 2, 1991, 281 p., 1991, Technique et documentation, Lavoisier.
- [57] ECK (A.) et GILLIS (J.C.). – Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition, 891 p., 1997, Technique et documentation, Lavoisier.
- [58] COHEN-MAUREL (E.). – Le salage des fromages. Revue Laitière Française, n° 448, 1986, p. 45-49.
- [59] HARDY (J.). – Étude de la diffusion du sel dans les fromages à pâte molle de type camembert. Comparaison du salage à sec et du salage en saumure. 1976, Thèse docteur ingénieur Nancy I.
- [60] Documentation technique Rhodia.
- [61] LENOIR (J.). – Note sur la dégradation des protéines au cours de la maturation du camembert. Le Lait, n° 43, 1963, p. 154-165, EDP Sciences SA. <http://www.edpsciences.org>
- [62] LENOIR (J.). – Note sur la composition en matières azotées des fromages affinés de camembert, saint-paulin et gruyère de Comté. Annales de technologie agricole, INRA, n° 12, 1963, p. 51-57.
- [63] GUEGEN (M.). – Moisissures responsables de défauts d'affinage en fromagerie (à l'exclusion des Mucoraceae). Microbiologie, Aliments, Nutrition, Vol. 6, 1988, p. 31-35.
- [64] BERTHIER (J.), MICHEL (A.), VALLA (G.) et BARTSCHI (C.). – Étude expérimentale de la contamination de fromages à pâte molle par les Mucor. Revue des ENIL, n° 145, septembre 1990, p. 26-30.
- [65] BRENET (M.), CENTELEGHE (J.L.), MILLJERE (J.B.), RAMET (J.P.) et WEBER (F.). – Étude d'un accident en fromagerie de type « camembert » causé par des mucorales. Le Lait n° 52, 1972, p. 141-148, EDP Sciences SA.
- [66] HARDY (J.). – L'activité de l'eau, le sel et les moisissures des fromages. Revue laitière française n° 377, 1979, p. 19-25.
- [67] VASSAL (L.) et GRIPON (J.C.). – L'amertume des fromages à pâte molle de type camembert : rôle de la présure et de Penicillium caseicola, moyen de la contrôler. Le Lait, n° 64, 1984, p. 397-417, EDP Sciences SA.
- [68] MOLIMARD (P.), LESSCHAEVE (I.), BOUVIER (I.), VASSAL (L.), SCHLICH (P.), ISSANCHOU (S.) et SPINLER (H.E.). – Amertume et frac-

- tions azotées de fromages à pâte molle de type camembert : rôle de l'association de *Penicillium camemberti* avec *Geotrichum candidum*. Le Lait, n° 74, 1994, p. 361-374, EDP Sciences SA.
- [69] COGITOR (A.). – *Traité pratique de réglementation laitière*. 4<sup>e</sup> édition, Éditions du sapin d'Or.
- [70] GOBIN (F.). – *Évolution technologique des pâtes molles à croûte fleurie*. Revue des ENIL, n° 214, p. 30-32.
- [71] STADHOUDERS (J.) et LANGEVELD (L.P.M.). – *The microflora of the surface of cheese, factors affecting its composition* (La microflore de surface du fromage, Les facteurs modifiant sa composition). C.R. XVII<sup>e</sup> Cong. Int. Lait, 1966, vol. D, p. 577-584, EDP Sciences SA.
- [72] MILLET (J.). – *Le fromage « mont-d'or » ou « vacherin du Haut-Doubs » ou « vacherin »*. Revue des ENIL, n° 94, 1984, p. 12-29.
- [73] POIROT (L.). – *Le fromage de Munster*. Revue des ENIL, n° 90, 1984, p. 18-23.
- [74] LESEUR (J.L.). – *Époisses et langre*. Revue des ENIL, n° 157, décembre 1991 janvier 1992, p. 18-23.
- [75] LE JAUEN (J.C.). – *Lait et fromages de chèvre : Quelle évolution pour quel avenir ?*. Revue laitière française, n° 402, 1981, p. 15-31.
- [76] LE JAUEN (J.C.). – *La fabrication du fromage de chèvre fermier*. 209 p. 1982, Institut technique de l'élevage ovin et caprin, Société de presse et d'édition ovine et caprine.
- [77] *Le lait de chèvre, les fromages de chèvre*, par l'ENIL de Surgères. Revue des ENIL, n° 91, p. 18-34.
- [78] KINSELLA (J.E.) et HWANG (D.). – *Biosynthesis of flavor by Penicillium roqueforti* (Biosynthèse de saveur avec *Penicillium roqueforti*). Biotechnology and Bioengineering, vol. 18, 1976, p. 927-938, Department of Chemical Engineering, University of California.
- [79] FAO/WHO. – *Food Standards Programme*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Internet : <http://www.codexalimentarius.net/>
- [80] ROBINSON (R.K.) et TAMINE (A.Y.). – *Feta and related cheeses* (Feta et fromages types). 258 p. 1991, R.K. Robinson, Department of Food Science and Technology, University of Reading ; A.Y. Tamine, Food Science and Technology Department, The Scottish Agricultural College, Auchincruive, Ayr.
- [81] PERNODET (G.). – *Le fromage grec feta*. Revue des ENIL, n° 24, 1977, p. 13-19.
- [82] KERJEAN (J.R.) et RICHOUX (R.). – *Feta : Tradition et MMV*. Documentation fromagère résumée. n° 363/41, ITFF.
- [83] HANSEN (R.). – *Feta cheese production by ultrafiltration*. Nord Mejeri-Tidsskrift, 1977, 9.
- [84] RICHOUX (R.). – *Le cheddar : de Victoria au Big Mac*. Documentation fromagère résumée n° 354/41, ITFF.
- [85] RICHOUX (R.). – *Le gouda*. Documentation fromagère résumée n° 530/41, ITFF.
- [86] RICHOUX (R.). – *Comment mesurer l'aptitude à la fonte*. Documentation fromagère résumée n° 295/41, ITFF.
- [87] RICHOUX (R.). – *Une étude suisse sur le fromage à raclette*. Documentation fromagère résumée n° 36/42, ITFF.
- [88] RICHOUX (R.). – *Le manchego, le fromage de la Manche*. Documentation fromagère résumée n° 353/41, ITFF.
- [89] GOMEZ (M.J.) et al. – *Characteristics of manchego cheese manufactured from raw and pasteurized ovine milk and with defined-strain or commercial mixed-strain starter culture* (Caractéristiques du fromage Manchego fabriqué à partir de lait cru et pasteurisé de brebis avec des levains constitués de souches identifiées ou de levains commerciaux). Journal Dairy Science n° 82, 1999, p. 2300-2307.
- [90] LESEUR (J.L.). – *Le fromage d'Abondance*. Revue des ENIL n° 142.
- [91] THIERRY (A.) et al. – *Affinage de l'emmental : dynamique des populations bactériennes et évolution de la composition de la phase aqueuse*. Le lait, n° 78, 1998, p. 521-542, EDP Sciences SA.
- [92] BERDAGUE (J.L.) et al. – *Caractérisation de l'emmental grand cru français*. 1. Composition physico-chimique, Le lait 70(1), 1990, EDP Sciences SA.
- [93] La coopérative laitière du Beaufortain, plaque commerciale, 73270 Beaufort sur Doron.
- [94] RICHOUX (R.). – *Parmesan et grana*. Documentation fromagère résumée n° 577/41, ITFF.
- [95] COHEN (E.) et MAUREL. – *Le marché de grana en Italie*. Techniques laitières n° 1034.
- [96] LESEUR (J.L.). – *Présentation de quelques fromages italiens*. Revue des ENIL n° 135.
- [97] SCOTT (R.). – *Cheese making practice* (Pratique fromagère). 2<sup>nd</sup> édition, 1986, Elsevier Applied Science Publishers.
- [98] KOSIKOWSKI (F.) et MISTRY (V.). – *Cheese and Fermented milk foods* (Fromage et laits fermentés). Vol. 2, 1997, 330 p. 3<sup>rd</sup> édition, FV Kosikowski, L.L.C., 1. e.mail : fvkllc@aol.com
- [99] PERNODET (G.). – *Les « fromages » de lactosérum et dérivés*. Revue des ENIL, n° 41, 1979, p. 7-12.

# GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre, leurs compléments et mises à jour,** et bénéficiez des **services inclus.**



RÉDIGÉE ET VALIDÉE  
PAR DES EXPERTS



MISE À JOUR  
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE  
SUR TOUS SUPPORTS  
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS  
DANS CHAQUE OFFRE

- + de 350 000 utilisateurs
- + de 10 000 articles de référence
- + de 80 offres
- 15 domaines d'expertise

- Automatique - Robotique
- Biomédical - Pharma
- Construction et travaux publics
- Électronique - Photonique
- Énergies
- Environnement - Sécurité
- Génie industriel
- Ingénierie des transports
- Innovation
- Matériaux
- Mécanique
- Mesures - Analyses
- Procédés chimie - Bio - Agro
- Sciences fondamentales
- Technologies de l'information

**Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier,  
découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité**

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

[www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

**CONTACT :** Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : [infos.clients@teching.com](mailto:infos.clients@teching.com)

# LES AVANTAGES ET SERVICES compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS



### Accès illimité aux articles en HTML

Enrichis et mis à jour pendant toute la durée de la souscription



### Téléchargement des articles au format PDF

Pour un usage en toute liberté



### Consultation sur tous les supports numériques

Des contenus optimisés pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



### Questions aux experts\*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



### Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



### Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



### Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



### Impression à la demande

Commandez les éditions papier de vos ressources documentaires



### Alertes actualisations

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

\*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

## ILS NOUS FONT CONFIANCE



[www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

**CONTACT :** Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : [infos.clients@teching.com](mailto:infos.clients@teching.com)