



**TECHNIQUES  
DE L'INGÉNIEUR**

Réf. : **F6307 V1**

Date de publication :  
**10 mars 2002**

# Procédés de transformation fromagère (partie 3)

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 3)

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

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

<b>1. Procédés de fabrication de fromages à pâte pressée</b> .....	F 6 307 - 2
1.1 Réglementation et hygiène.....	– 2
1.2 Technologie des fromages à pâte pressée non cuite.....	– 2
1.3 Technologie des fromages à pâte pressée demi-cuite .....	– 5
1.4 Technologie des fromages à pâte pressée cuite .....	– 6
1.5 Technologie des fromages à pâte pressée dure : exemple du grana.....	– 7
<b>2. Procédés de fabrication des fromages de lactosérum (whey cheese)</b> .....	– 9
<b>3. Conclusion</b> .....	– 11
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. F 6 308

**L**e présent article fait suite aux articles :  
– [F 6 305] présentant les principes généraux de la transformation fromagère, ainsi que les procédés de fabrication des fromages frais ;  
– [F 6 306] consacré à la fabrication des fromages à pâte molle.  
Il décrit 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. Procédés de fabrication de fromage à pâte pressée

En fonction de la température de chauffage au cours du procédé de fabrication, on peut classer les fromages dans les catégories des pâtes pressées non cuites, demi-cuites et cuites. Les fromages de type italien à teneur en extrait sec total élevée font partie de la catégorie des pâtes dures car, outre une température de cuisson très élevée, la technologie et le matériel utilisés sont particuliers. Les quantités fabriquées des différents fromages à pâte pressée sont données dans les tableaux **C** et **D** en [Doc. F 6 308].

## 1.1 Réglementation et hygiène

### ■ Réglementation

Les produits doivent répondre à la dénomination « fromage » [F 6 305], (§ 2.1).

Outre les fromages AOC, certains fromages à pâte ferme ou demi-ferme comportent des dénominations particulières (tableau 1).

Certains additifs alimentaires et auxiliaires technologiques peuvent être utilisés :

- le traitement en surface à l'aide du conservateur E 235 natamycine (pimaricine) est toujours admis ;

- les régulateurs de pH ne sont pas autorisés dans la fabrication des fromages bénéficiant d'une AOC ;

- l'emploi de la glucono-delta-lactone (GDL) est autorisé pour précipiter le lait, à la dose maximale de  $1,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  de lait, sous réserve que l'ensemencement par les levains lactiques ait lieu avant emprésurage (arrêté du 11 août 1989, art 1<sup>er</sup>). La GDL doit aussi répondre à certains critères de pureté et à des caractéristiques particulières ;

- l'addition d'anhydride carbonique au lait est autorisée afin de régler son pH avant l'emprésurage sous réserve que les conditions suivantes soient respectées :

- réduction du pH à une valeur égale ou supérieure à 6,4,
- maintien de l'ensemencement par les levains lactiques avant l'emprésurage (arrêté du 11 août 1989, art. 3) ;

- l'anhydride carbonique doit aussi répondre à certains critères de pureté et à des caractéristiques particulières ;

- l'emploi du chlorhydrate de lysosyme est toujours autorisé mais au titre des additifs alimentaires et non plus au titre des auxiliaires technologiques.

Cette liste d'additifs alimentaires n'est pas exhaustive et il convient de se renseigner au sujet d'autres traitements et additions autorisés.

Le marquage et l'étiquetage des fromages à pâte pressée sont également réglementés [39] : sans préjudice de la réglementation applicable aux fromages bénéficiant d'une AOC, les fromages à pâte pressée fabriqués en France, d'un poids au moins égal à 5 kg, ne peuvent être détenus ou transportés en vue de la vente, mis en vente ou vendus que si le lieu de fabrication, la teneur en matière grasse, le numéro d'identification de l'atelier de fabrication sont inscrits sur une marque visible et indélébile incorporée au fromage pendant sa fabrication (directive n° 82-257, 18 mars 1982, art. 1<sup>er</sup>, al. 1<sup>er</sup>). Sont donc soumis au marquage les fromages suivants : emmental, comté, beaufort, cantal, salers, laguiole et autres fromages à pâte pressée pesant plus de 5 kg (arr. 8 sept 1983, art. 1<sup>er</sup>). La date de fabrication doit aussi figurer.

Tableau 1 – Dénominations particulières [39]	
Dénominations	Description. Forme. Poids. Dimensions. G/S minimal. EST minimal
Emmental	Pâte ferme, cuite, pressée et salée en surface ou en saumure, de couleur ivoire à jaune pâle, présentant des ouvertures de dimensions allant de la grosseur d'une cerise à celle d'une noix ; croûte dure et sèche, de couleur jaune doré à brun clair Meule de 70 cm à 1 m de diamètre, hauteur de talon de 13 à 25 cm, poids 60 à 130 kg G/S min = 45 %, EST min = 60 %
Gruyère	Pâte ferme, cuite, pressée et salée en surface ou en saumure, de couleur ivoire à jaune pâle, présentant des ouvertures de dimensions allant de la grosseur d'un pois à celle d'une noisette ; croûte frottée, solide et grenée, de couleur jaune doré à brun Meule de 40 à 70 cm de diamètre, hauteur de talon de 9 à 13 cm, poids 20 à 60 kg G/S min = 45 %, EST min = 60 %
Mimolette ou mimolette jeune	Pâte pressée, demi-dure à dure, de couleur jaune orangé à rougeâtre avec de rares trous, à grains lavés et réchauffés en cuve, à caillé découpé, moulu par pression et salé en saumure, croûte sèche, dure, de couleur jaune orangé à brun clair, pouvant présenter des zones ou des taches grisâtres Forme de sphère de 20 cm de diamètre avec pôles légèrement aplatis, poids 2 à 4 kg G/S min = 40 %, EST min = 54 %
Fromage à raclette ou raclette	Pâte pressée, non cuite, à caillé divisé, à grains lavés, salée en saumure ; de couleur blanche à jaune paille, lisse, ferme avec quelques ouvertures à la coupe ; croûte fine avec morge non enrobée, de couleur jaune doré à brun clair pouvant présenter des taches grisâtres Deux formats : – fromage à raclette ou raclette : meule de 28 à 36 cm de diamètre, hauteur de talon de 5,5 à 7,5 cm, 4,5 à 7 kg ou bloc parallélépipédique de 28 à 36 cm de côté, de 5,5 à 7,5 cm de hauteur, poids 4,5 à 7 kg – petit fromage à raclette ou petite raclette : meule de 22 à 24 cm de diamètre, hauteur de talon de 5,5 à 7,5 cm, poids 2,5 à 5 kg ou bloc parallélépipédique de 22 à 24 cm de côté, de 5,5 à 7,5 cm de hauteur, poids 2,5 à 3,5 kg G/S min = 45 %, EST min = 53 %
Saint-paulin	Pâte pressée, demi-ferme, non cuite et légèrement salée Deux formats : – saint-paulin : meule de 20 cm de diamètre, hauteur de talon de 4 à 6 cm – petit saint-paulin : meule de 8 à 13 cm de diamètre, hauteur de talon de 3 à 4,5 cm

### ■ Hygiène

Outre les germes présentés dans le tableau 2, les micro-organismes pathogènes et leurs toxines ne doivent pas être présents en quantités affectant la santé des consommateurs.

## 1.2 Technologie des fromages à pâte pressée non cuite

### 1.2.1 Fromages de type cheddar

Le cheddar, d'origine anglaise, est le fromage le plus fabriqué dans le monde. Il est surtout produit dans les pays anglo-saxons tels que la Grande-Bretagne, l'Australie, les USA, la Nouvelle-Zélande, le Canada, l'Irlande. Il est souvent consommé dans les préparations culinaires mais peut aussi être apprécié à table lorsqu'il a plusieurs mois d'affinage.

**Tableau 2 – Normes microbiologiques des fromages à pâte pressée [39]**

Type de fromage	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Salmonella spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
Fromages à pâte dure au lait traité thermiquement	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>c</i> = 0	–	–
Fromages à pâte dure au lait cru et au lait thermisé	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>d</i> = 0	Absence dans 1 g <i>n</i> = 5 <i>d</i> = 0	<i>m</i> = 1 000 <i>M</i> = 10 000 <i>n</i> = 5 <i>d</i> = 2	<i>m</i> = 10 000 <i>M</i> = 100 000 <i>n</i> = 5 <i>d</i> = 2

*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 ».

*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.

*d* : nombre d'unités 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*.

**Caractéristiques du cheddar :** l'extrait sec total varie de 63,5 à 65,5 %, le gras sur sec varie de 50 à 57 % et l'humidité dans le fromage dégraissé de 55 à 56 %.

Il existe plusieurs variantes de la technologie du cheddar mais toutes ont un dénominateur commun spécifique qui les différencie des autres pâtes pressées : l'acidification rapide du caillé, après séparation du sérum (appelée cheddarisation), puis le découpage de ce caillé en « cossettes », le salage dans la masse et enfin la reconstitution du fromage par pressage. Cette technologie permet d'obtenir une teneur en matière sèche élevée.

La technologie de fabrication du cheddar est décrite dans la figure 1.

### 1.2.2 Fromages de type fromage de Hollande : le gouda

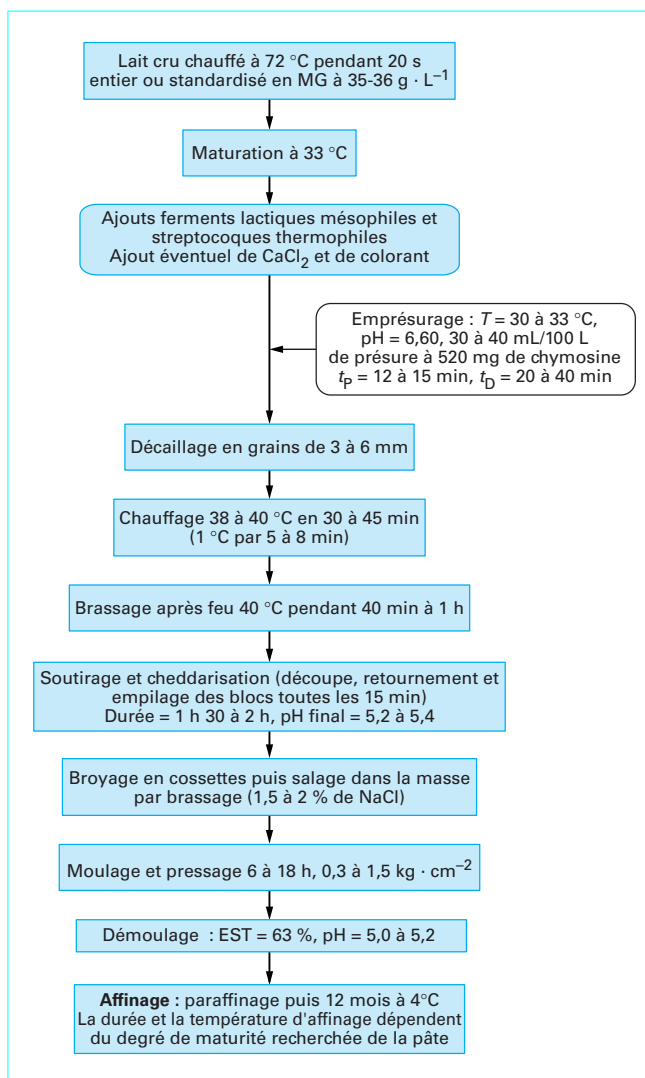
La production française de fromage « de Hollande » avoisine la production de saint-paulin. Ces fromages sont aussi fabriqués dans le monde entier. C'est une pâte pressée non cuite à ouvertures hétérofermentaires (de la taille d'une tête d'épingle à celle d'un pois).

**Caractéristiques du gouda :** de forme cylindrique plate de 35 cm de diamètre et 10 à 12 cm de hauteur, il pèse usuellement de 11 à 12 kg. La croûte est artificielle et la pâte de couleur blanc ivoire. Il est caractérisé par une teneur en matière sèche de 59 à 64 % et un gras sur sec de 40 à 48-49 %.

Les fromages sont fabriqués selon la technologie décrite dans la figure 2.

### 1.2.3 Fromages de type raclette

La raclette est une spécialité d'origine suisse produite en France. C'est un fromage qui a la particularité de se déguster essentiellement fondu. Sa dénomination (forme, poids et couleur) est précisée dans le tableau 1. Sa croûte est morgée pendant l'affinage qui dure relativement longtemps (minimum 8 semaines). Il possède une bonne aptitude à la fonte. Cette propriété [86], que l'on maîtrise de plus en plus, se caractérise par :



**Figure 1 – Technologie de fabrication du cheddar**

- une température de fonte (point de goutte ou point de ramollissement) ;
- une homogénéité apparente après la fonte (pas d'exsudation de matière grasse) ;
- une viscosité spécifique après la fonte.

Les études menées à la Station de recherche fédérale suisse à Liebefeld (1988) [87] montrent que, pour bien fondre, les fromages au lait cru doivent posséder un faible taux de calcium, une pâte plus protéolysée, un pH plus élevé et une teneur en eau plus importante. Quant aux fromages au lait pasteurisé, ils doivent avoir un gras sur sec plus élevé et être plus humides.

Les fromages sont fabriqués selon la technologie décrite dans la figure 3.

Un délactosage du caillé de 25 % est souvent effectué (avant chauffage) afin d'ajuster et limiter la teneur en lactose dans le fromage jeune. Ce procédé permet d'obtenir une qualité homogène et régulière de la pâte et permet d'éviter une pâte crayeuse due à une post-acidification. En contrepartie, il atténue les qualités organoleptiques du fromage.

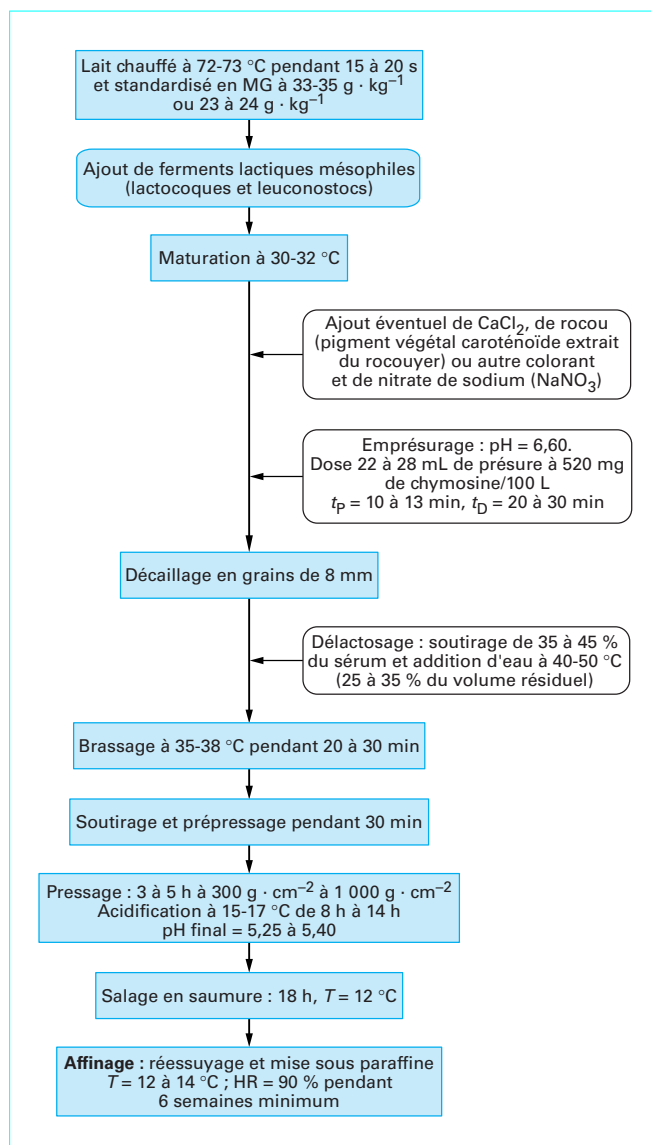


Figure 2 – Technologie de fabrication du gouda

### 1.2.4 Fromages au lait de brebis : exemple du manchego

Le manchego [88] [89] est un fromage espagnol fabriqué à partir de lait de brebis (AOC manchego) mais peut être aussi élaboré à partir d'un mélange de laits de brebis, de vache et de chèvre (fromage type manchego). Il est consommé à plusieurs stades d'affinage : frais, à quelques semaines, à quelques mois ou un an d'affinage. Traditionnellement, il peut aussi être conservé dans l'huile d'olive. Son cousin français est l'ossau-iraty, fromage fabriqué dans les Pyrénées.

**Caractéristiques du manchego** : il a une forme cylindrique de 18 à 22 cm de diamètre et une hauteur de 8 à 12 cm et un poids de 2 à 3,5 kg. La croûte est moisie et de couleur gris foncé. La pâte est jaune pâle. Il a une teneur en matière sèche de 62,5 %, un gras sur sec de 53 % et une teneur en sel de 2 à 2,5 %.

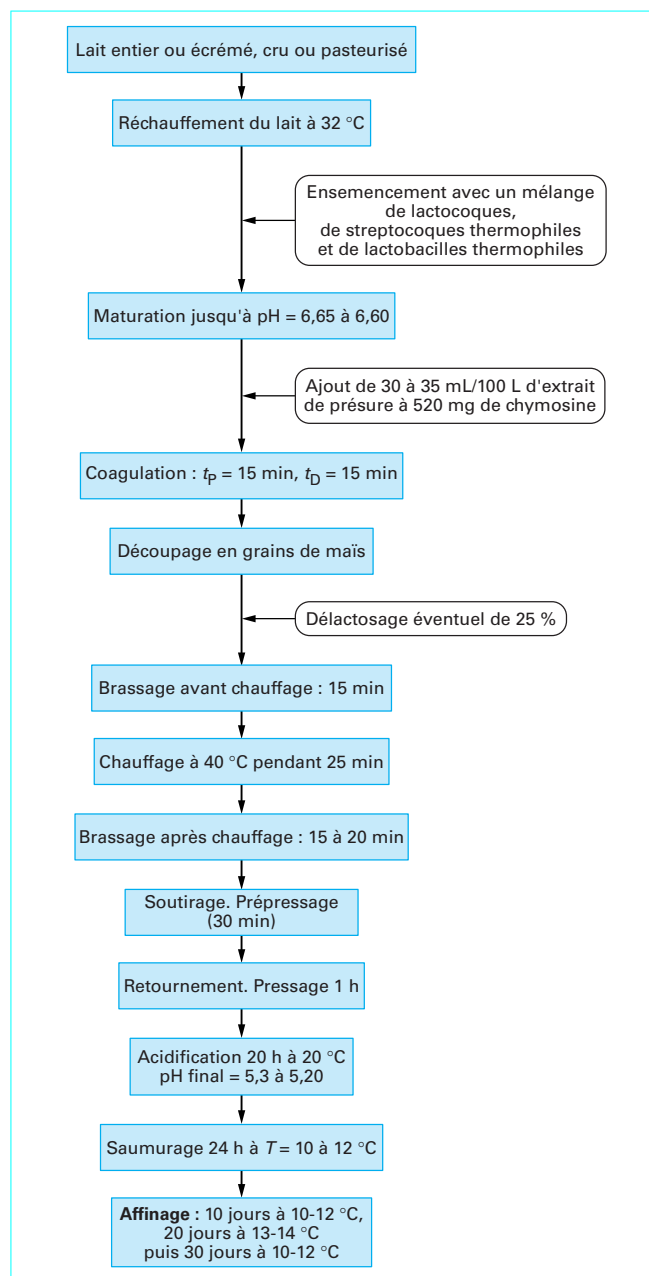


Figure 3 – Technologie de fabrication de la raclette

Les fromages sont fabriqués selon la technologie décrite dans la figure 4.

### 1.2.5 Fromages à pâtes pressées ultrafiltrées

À l'origine, le saint-paulin était fabriqué dans l'ouest de la France, mais aujourd'hui sa production, associée à celle de produits apparentés, plutôt en légère régression, s'étend à tout le pays. La technologie conventionnelle comporte une étape d'ajustement de la teneur en lactose dans le grain de caillé. Elle est réalisée en diluant à l'eau

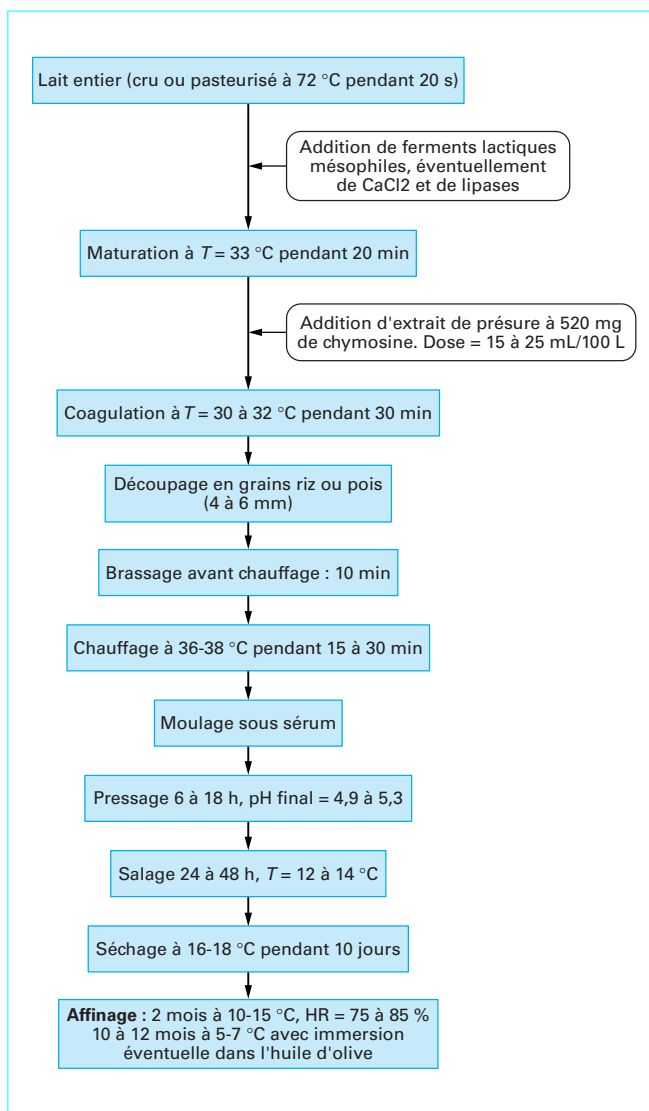


Figure 4 – Technologie de fabrication du manchego

le lactosérum dans lequel baignent les grains de caillé. Cette opération conduit à une élimination plus importante des protéines sériques si bien que seulement 5 % d'entre elles sont retenues dans le fromage.

L'ultrafiltration se prête bien pour réaliser cet ajustement de la teneur en lactose. Au rétentat concentré 3 à 4 fois, il est ajouté un volume équivalent d'eau. La concentration des éléments fromageables par ultrafiltration est poursuivie jusqu'à un facteur de concentration égal à 7. Les protéines sériques sont conservées ainsi en leur totalité. Deux technologies (figure 5) ont été proposées [12] pour la fabrication de ce type de fromage.

Les fromages obtenus se différencient par leur texture : celle du fromage préparé selon la technologie 1 se rapproche le plus du fromage saint-paulin conventionnel, l'autre est plus molle, plus onctueuse. Au moment de la coagulation, une concentration plus élevée de chlorure de sodium et une meilleure rétention de l'eau expliquent cette différence plutôt que l'évolution des mécanismes biochimiques d'affinage.

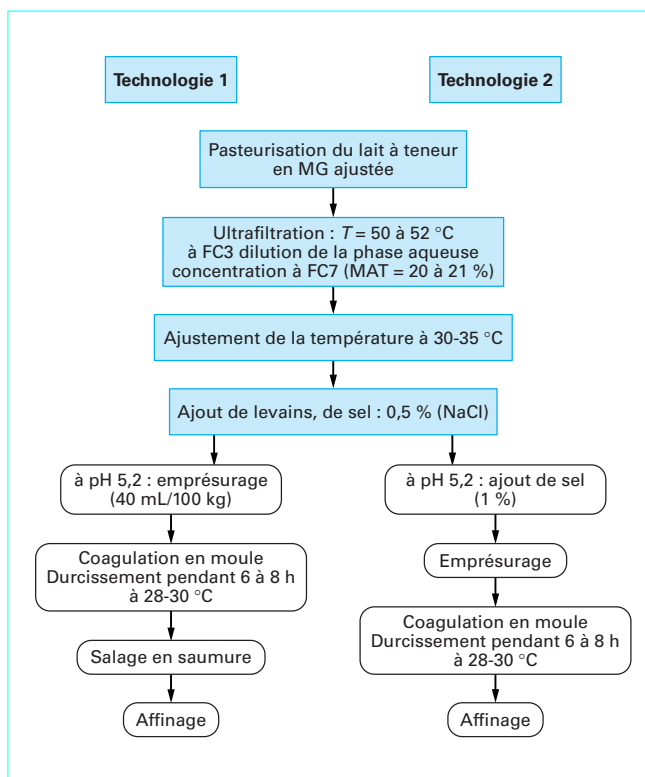


Figure 5 – Fabrication de fromage type saint-paulin par ultrafiltration

Les quantités de fromages obtenues selon les deux technologies sont nettement améliorées par rapport aux procédés conventionnels : un gain de rendement de 19 % a été constaté [12].

### 1.3 Technologie des fromages à pâte pressée demi-cuite

#### 1.3.1 Fromages à croûte morgée : exemple du fromage d'Abondance.

Le fromage d'Abondance est une AOC depuis 1989. Comme toutes les AOC, ce fromage ne peut être fabriqué et affiné que dans une aire géographique délimitée (certaines communes d'Anney, Bonneville, St-Julien-en-Genevois, Thonon-les-Bains). Le lait doit provenir de cette aire et être produit par des vaches de race d'Abondance, montbéliarde, tarine dont l'alimentation est exempte de produits d'ensilage. Il ne subit aucun chauffage (lait entier, cru).

Le fromage possède les caractéristiques suivantes : il est salé en surface à sec ou en saumure, il possède une couleur ivoire à jaune pâle, quelques ouvertures régulières (3 trous au maximum à la sonde), quelques fines lainures, un talon concave, une hauteur de 7 à 8 cm, un diamètre de 38 à 43 cm, un poids de 7 à 12 kg, un gras sur sec minimum de 48 % et une teneur en matière sèche minimum de 58 %.

La durée d'affinage doit être de 90 jours au minimum ( $T = 10$  à  $13$  °C, HR = 90 %).

Le fromage est fabriqué selon la technologie décrite dans la figure 6.

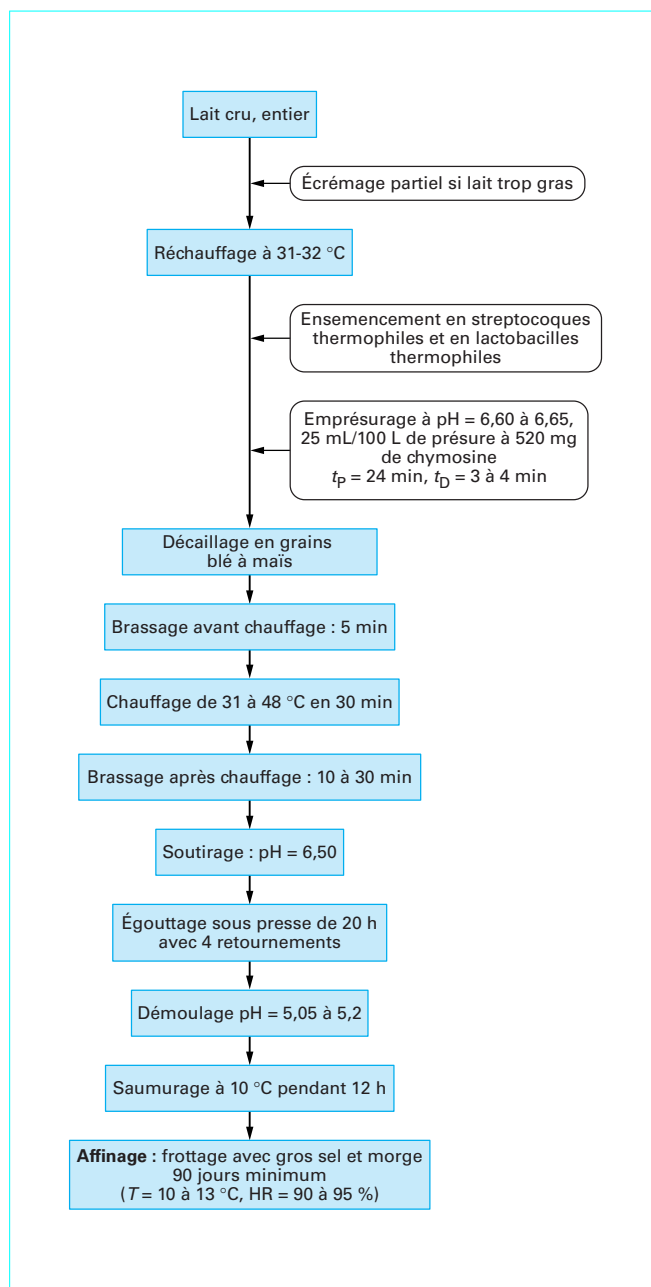


Figure 6 – Technologie de fabrication du fromage d'Abondance

### 1.3.2 Fromages à ouvertures : petites meules à trous (type leerdammer)

Ce fromage d'origine hollandaise concurrence les pâtes cuites françaises. C'est un fromage de plus en plus apprécié pour son fondant, sa douceur et sa saveur un peu sucrée. Les meules pèsent de 10 à 12 kg et possèdent des ouvertures propioniques. La pâte est colorée au rocou pour lui donner une couleur plus orangée. La technologie de fabrication de ce type de fromage est décrite dans la figure 7.

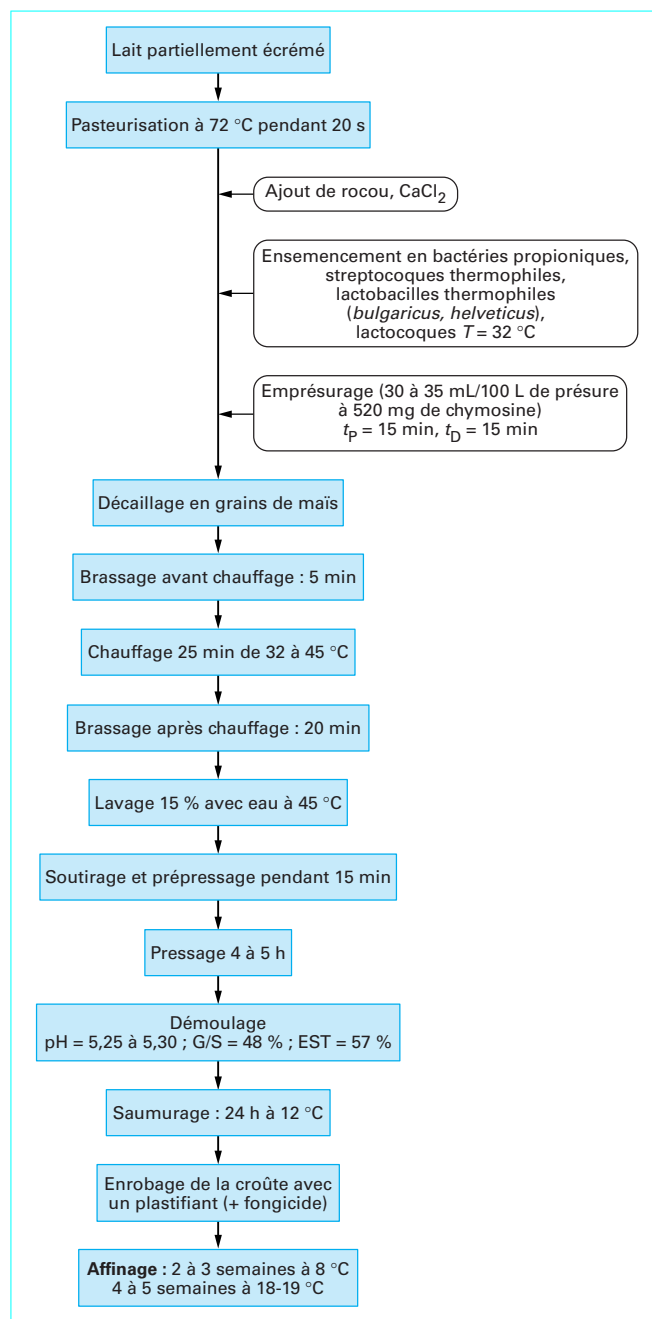


Figure 7 – Technologie de fabrication du leerdammer

## 1.4 Technologie des fromages à pâte pressée cuite

### 1.4.1 Fromages à croûte sèche : exemple de l'emmental

L'emmental [1] est le premier fromage français, avec plus de 242 200 tonnes produites en 1998. Les deux tiers de la production

sont concentrés dans des unités d'une capacité annuelle supérieure à 3 000 tonnes. Dix fromageries de l'ouest de la France fournissent plus de 50 % de la production nationale. Les caractéristiques de l'emmental sont données dans le tableau 1. La durée minimale d'affinage est de 6 semaines. La technologie de fabrication de l'emmental est décrite dans la figure 8.

En 1979, dans un souci de protection, les professionnels de l'est de la France (dont est originaire l'emmental) ont mis en place « l'emmental est-central grand cru » (JO 180 NC du 5 Août 1979) [92]. Le label « grand cru » est exclusivement réservé aux fromages fabriqués au lait cru et affinés dans l'Est central (Ain, Côte-d'Or, Doubs, Isère, Jura, Haute-Saône, Savoie, Haute-Savoie, Territoire de Belfort, Vosges, Saône-et-Loire, Haute-Marne, Rhône). Le lait utilisé doit provenir de vaches nourries sans ensilage. Le lait doit être emprésuré 36 h au maximum après la dernière traite et ne doit pas être traité thermiquement. La durée d'affinage doit être au minimum de 10 semaines.

Le label « Savoie » est obtenu pour les fromages fabriqués en Savoie et Haute-Savoie.

### 1.4.2 Fromages à croûte morgée : le beaufort

Bénéficiant de l'AOC depuis 1968, le beaufort est considéré comme le prince des gruyères. Il est fabriqué en Savoie. Les fromages fabriqués en été (de juin à octobre) bénéficient d'une appellation « beaufort d'été » et ceux fabriqués en alpage de l'appellation « fromage d'alpage ». Ce fromage est souvent fabriqué deux fois par jour. La qualité de ce fromage est essentiellement due à la richesse du lait (en flore et composants physico-chimiques) produit par des races de vaches laitières sélectionnées (tarines et d'Abondance). La production représente environ 3 870 tonnes par an (valeur en 1998). La zone de production comprend la Tarentaise, la Haute-Maurienne et le Beaufortain.

Le lait de fabrication est ramassé exclusivement en bidons et doit être transformé 20 h au maximum après la dernière traite. Le lait est entier et cru. Le beaufort est une pâte pressée cuite, salée tout d'abord en saumure puis en surface (deux fois par semaine pendant l'affinage). Quelques lainures et quelques ouvertures « œil de perdrix » peuvent être présentes dans la pâte. Celle-ci est lisse de couleur ivoire à jaune pâle. Le talon du fromage est concave. Son poids varie de 20 à 70 kg. Le diamètre varie de 35 à 75 cm. La hauteur varie de 11 à 16 cm. Il possède un gras sur sec minimum de 48 % et une teneur en matière sèche minimum de 61 %. L'affinage dure 5 mois au minimum dans une cave à 10 à 12 °C et possédant une humidité relative de 92 %.

L'ensemencement et la coagulation du lait de fabrication sont réalisés de manière typique propre à ce fromage par ajout d'un mélange appelé « aisy ». Ce mélange est composé d'une « recuite » (jus lactosé obtenu après filtration du lactosérum de la veille, acidifié et chauffé pour faire coaguler les protéines solubles), ensemencé avec des souches de *Lactobacillus helveticus*, et dans laquelle on immerge une caillette de veau déshydratée qui libère la chymosine.

La méthode de fabrication du beaufort est décrite dans la figure 9.

### 1.5 Technologie des fromages à pâte pressée dure : exemple du grana

Il s'agit d'une pâte cuite de type italien [94] [95] [96]. Le fromage se présente sous la forme d'un cylindre de 35 à 45 cm de diamètre et de 17 à 25 cm de hauteur pour un poids de 22 à 35 kg. La croûte est lisse et huilée, éventuellement teintée. La texture est granuleuse, dure, friable et cassante. La pâte est jaune avec éventuellement des micro-ouvertures. Le goût est fruité à légèrement piquant. Les cuves

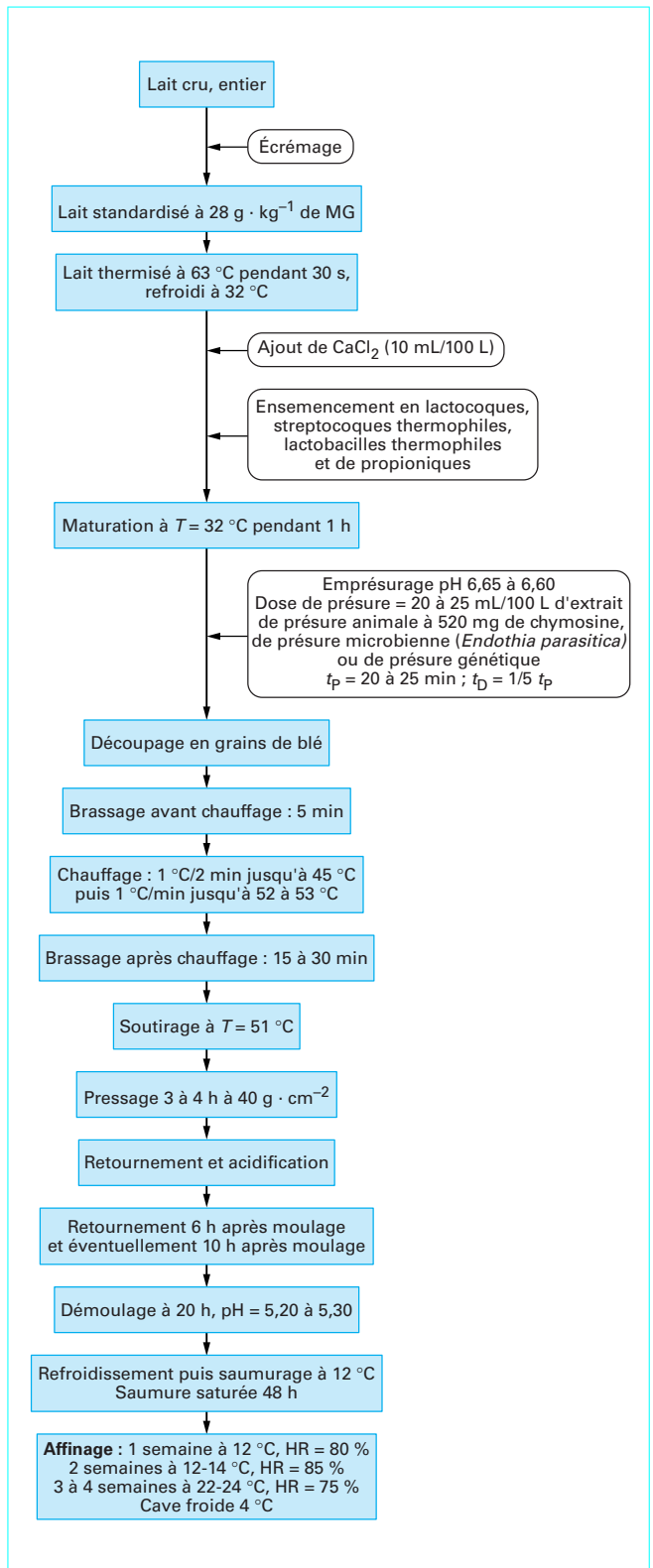


Figure 8 – Technologie de fabrication de l'emmental



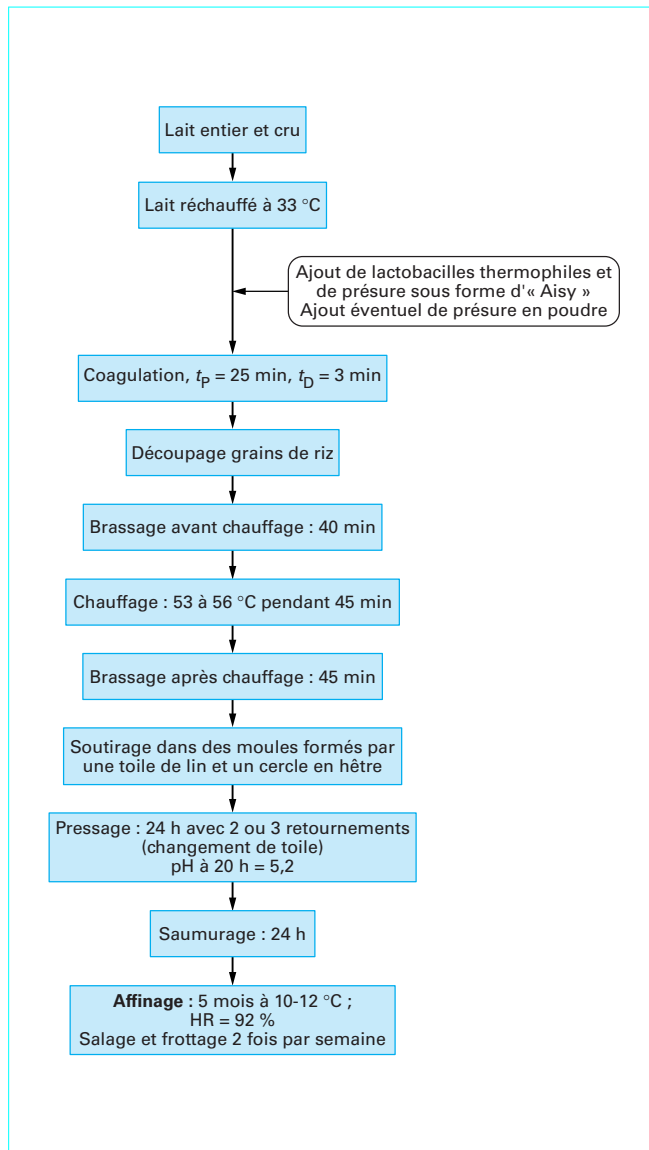


Figure 9 – Technologie de fabrication du beaufort

utilisées en Italie sont à fond conique. Il existe deux AOC comportant des caractéristiques plus strictes : le parmigiano reggiano et le grana padano. La zone de production se situe au nord de l'Italie. Étant donné la durée importante d'affinage de ces fromages (jusqu'à 24 mois), cette étape est souvent séparée de l'étape de fabrication du fromage. L'affineur, en plus d'être un technologue, doit aussi être un investisseur et un négociant. Un fromage bien affiné et bien stocké peut rapporter le double de sa valeur en « blanc ».

Le fromage possède la composition moyenne suivante : une teneur en matière sèche qui varie de 65 à 74 %, un gras sur sec qui varie de 32 à 44 % et une humidité sur un extrait sec dégraissé qui varie de 0,68 à 0,78. Les valeurs de pH s'échelonnent de 5,5 à 5,9.

La méthode de fabrication est décrite dans la figure 10.

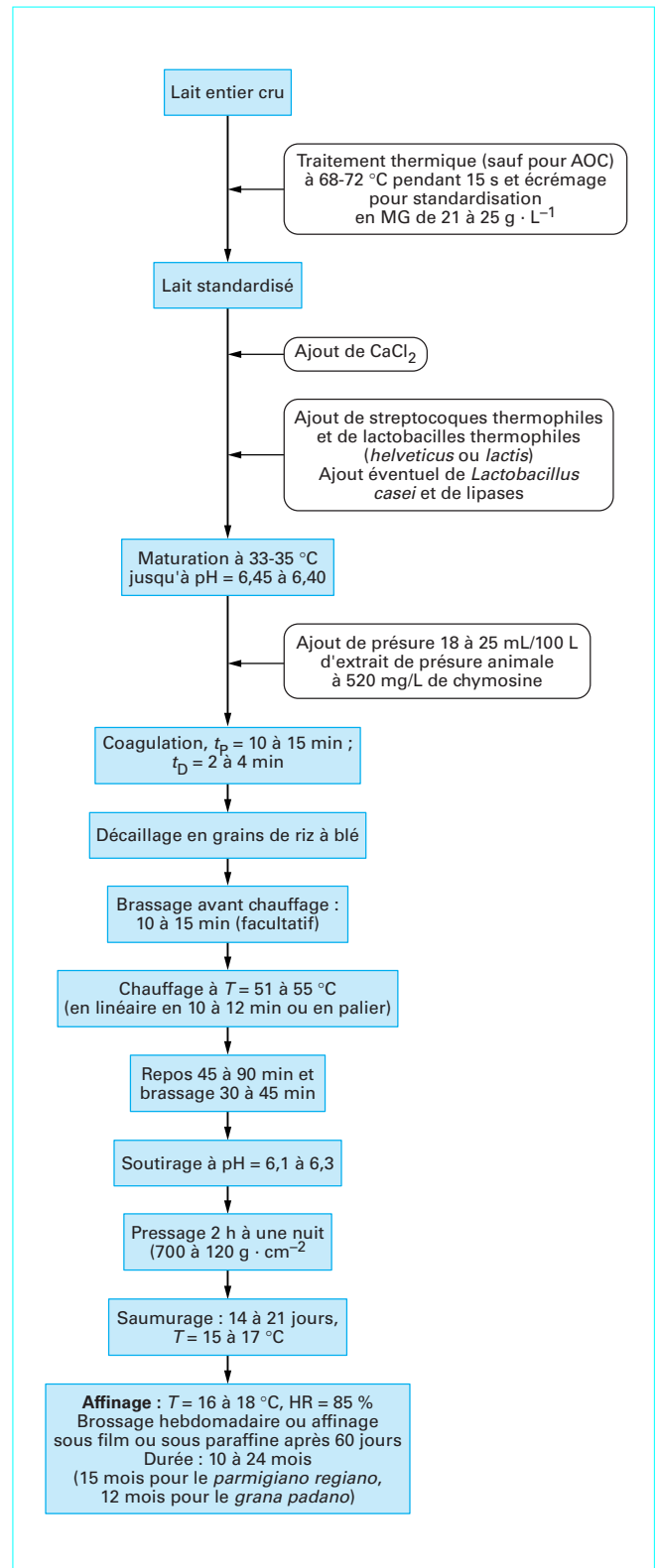


Figure 10 – Technologie de fabrication du grana

## 2. Procédés de fabrication des fromages de lactosérum (*whey cheese*)

La dénomination « fromage de lactosérum » est réservée aux produits obtenus par coagulation ou précipitation du sérum concentré ou non, avec ou sans adjonction d'autres produits laitiers (décret n° 88-1206 du 30 décembre 1988, art. 4, al. 2). Ils ne correspondent pas à la définition du véritable fromage qui doit être issu de la coagulation de la caséine par voie enzymatique et par voie acide.

Les fromages de lactosérum ont diverses origines, comme par exemple le gjetost de Norvège, la ricotta italienne ou le brocciu corse (tableau 3).

**Tableau 3 – Dénominations, origines et mélanges de divers fromages de lactosérum**

Fromage	Origine	Lactosérums de lait de			Lactosérums		
		vache	chèvre	brebis	+ lait	+ crème	+ babeure
Anari	Chypre		+	+	+		
Athotyros	Crète			+			
Brocciu (AOC)	Corse		+	+	+		
Fløtemysost	Norvège	+			+	+	
Gjetost	Norvège		+				
Greuilh	France			+			
Gubrandsdalost	(Pyrénées)	+			+	+	
Lour	Norvège			+	+	+	
Magermysost	Irak	+			+		
Manur	Norvège	+		+	+	+	+
Mizithra	Yougoslavie			+			
Mysost	Turquie	+	+				+
Mytzthra	Grèce			+	+	+	
Primost	Norvège, Suède		+		+		
Ricotta	Grèce	+	+	+	+	+	
Schottenziger	Norvège	+			+		+
Serai - Sérac	Italie	+					
Shabzieger	Allemagne	+			+		+
Urda	Suisse			+			
Ziger	France (est central)	+	+	+	+	+	
Zincica	Allemagne, Suisse, Roumanie, ex-Yougoslavie, Tchécoslovaquie			+			

**Tableau 4 – Fabrication du gjetost**

<b>Matières premières utilisées</b>	(1) Mélange de lait entier de chèvre et de vache, respectivement 88 et 12 % Séparation centrifuge de la crème Empréurage (20 mL de présure pour 100 L) du lait écrémé à 32 °C Coagulation 20 min Découpage, égouttage Récupération du sérum qui est mélangé à la crème (2) Utilisation de sérum doux de Cheddar, Jarlsberg ou Mozzarella.
<b>Fabrication</b>	Concentration du mélange par évaporation jusqu'à 60 % d'extrait sec Concentration, sous agitation violente, dans un pétrin de cuisson, sous vide jusqu'à 80-85 % d'extrait sec Cuisson sous agitation jusqu'à obtention d'une coloration et d'une saveur typiques Malaxage et texturation, 20 min à température ambiante (formation de fins cristaux de lactose) Moulage de la masse plastique en blocs de différentes tailles (227 g, 454 g, 2,3 kg, 4,5 kg) Enrobage de paraffine Conservation à 5 °C ; 6 mois et plus (la congélation n'est pas souhaitable).

Ces produits dérivent de fabrications de fromages au lait de chèvre, de vache, de brebis ou de mélanges entre différents types de sérums [97].

Le sérum du lait récupéré lors de la transformation fromagère peut à son tour être transformé en fromage. Il existe une très grande diversité de lactosérum comme en témoigne un auteur [42]. L'addition de lait, de crème et de babeurre améliore la récupération des protéines du sérum et diversifie ces types de fromages en produits plus onctueux, moins granuleux.

Leur valeur nutritive et énergétique en fait d'excellents moyens de valorisation des lactoprotéines. Par ailleurs, ces fromages se conservent facilement après séchage et ils sont parfaitement adaptés au transport à pied dans certaines régions montagneuses reculées.

### ■ Fabrication par concentration

Traditionnellement, le précipité de protéines est obtenu par chauffage à feux doux pendant plusieurs heures. Industriellement, un équipement d'évaporation sous vide concentre le mélange de lactosérum et de lait. Les fromages sont légèrement bruns, de pâte homogène et lisse. La cristallisation du lactose donne des textures légèrement granuleuses. Le goût est celui d'une crème caramélisée.

Le tableau 4 résume la fabrication du fromage gjetost [98].

### ■ Fabrication par thermocoagulation

Ces fromages sont fabriqués avec du sérum doux issu des fabrications de mozzarella, cheddar, feta, tilsit et autres. Ils nécessitent une véritable cuisson et d'ailleurs la dénomination « ricotta » signifie littéralement « recuite ». Le sérum récupéré après fabrication fromagère est chauffé en cuves à des températures élevées (80 à 90 °C). Les protéines, sous l'effet du chauffage et de l'acidité du milieu, flocculent puis s'agglomèrent en surface pour former un « gâteau de caillé ».

L'apport d'acide lactique, acétique ou citrique favorise la précipitation à chaud (« tranchage »), à pH 4,8 à 5,5. Le flocculat est récupéré à l'aide d'une passoire ou de toiles, puis égoutté en moules. Le produit peut être consommé frais, séché, fumé ou après affinage.

Le brocciu qui fait partie de ce type de fabrication bénéficie depuis juin 1983 d'une AOC (tableau 5).

**Tableau 5 – Fabrication et caractéristiques du brocciu (décret du 3/06/1988) [69]**

<b>Présentation</b>	<p>Le « brocciu corse » ou « brocciu » est un fromage de lactosérum soit « frais » soit « passu » (affiné), produit dans les départements de la Corse-du-Sud et de Haute-Corse, de forme tronconique, dont le poids, après conditionnement, doit être supérieur ou égal à 250 g et inférieur ou égal à 3 kg</p> <p>Son extrait sec ne doit pas être inférieur à 20 % pour le fromage « frais » et 35 % pour le fromage « passu »</p> <p>Son rapport gras sur sec est supérieur ou égal à 40 %</p> <p>Le brocciu frais doit être conservé entre 0 et + 6 °C, sa durée limite de conservation est de 5 jours</p>
<b>Matières premières utilisées</b>	<p>Nature : le lactosérum frais de brebis et/ou de chèvre provient de fabrication de caillé frais non dé lactosé de brebis et/ou de chèvre à caractère « présure ». Le lactosérum recueilli est utilisé dans les 2 h maximum après fabrication du fromage. Le pH du lactosérum doit être supérieur ou égal à 6,20.</p> <p>Il est additionné de lait entier cru de brebis ou de chèvre. Le lait entier peut être utilisé pendant un délai maximum de 24 h après la traite la plus ancienne (maximum 25 % du volume de lactosérum mis en œuvre).</p> <p>Remarque : Un produit contenant du lactosérum et/ou du lait reconstitué à partir de poudre n'a pas droit à l'appellation « brocciu », il doit être commercialisé sous le nom de « brousse »</p>
<b>Fabrication</b>	<p>Chauffage du mélange lait – lactosérum par méthode directe (1) jusqu'à 80-90 °C</p> <p>La coagulation du lait est obtenue au moyen de présure (toute autre enzyme coagulante est exclue)</p> <p>La floculation des protéines du lactosérum est obtenue exclusivement par le chauffage à la flamme directe (dite flamme nue) du récipient ou de la cuve contenant le lactosérum</p> <p>Il est chauffé lentement en étant légèrement brassé ; lorsque la température atteint environ 40 à 50 °C, on procède à l'ajout de sel (entre 0,5 et 1 % du volume de liquide initial) et de lait dont la quantité ajoutée ne doit pas dépasser 25 % du volume de lactosérum mis en œuvre</p> <p>En cours de fabrication, l'ajout d'eau potable est autorisé dans les limites de 15 % du volume de lactosérum mis en œuvre</p> <p>Le chauffage se poursuit avec brassage lent jusqu'à l'obtention d'une température située entre 80 et 90 °C. Pendant la montée en température, et jusqu'au début de la floculation, il faut procéder à un écumage régulier</p> <p>Le floculat est placé manuellement et délicatement en plusieurs fois dans des moules tronconiques pour égouttage</p> <p>Les faisselles de moulage doivent respecter les critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– pour les fromages de 3 kg : le diamètre haut doit être de 200 mm, le diamètre bas de 145 mm et la hauteur de 180 mm</li> <li>– pour les fromages de 1 kg : le diamètre haut doit être compris entre 155 et 160 mm, le diamètre bas entre 90 et 120 mm et la hauteur entre 85 et 120 mm</li> <li>– pour les fromages de 500 g : le diamètre haut doit être compris entre 110 et 115 mm, le diamètre bas entre 90 et 92 mm et la hauteur entre 80 et 82 mm</li> <li>– pour les fromages de 250 g : le diamètre haut doit être compris entre 90 et 110 mm, le diamètre bas entre 75 et 85 mm et la hauteur doit être de 65 mm</li> </ul>
<b>Affinage</b>	<p>Le « brocciu passu » subit un salage à sec en une ou plusieurs fois, suivi d'un affinage dans l'aire de production d'une durée minimale de 21 jours</p> <p>Le premier salage doit intervenir dans les 24 h qui suivent la mise en moule</p>
<p>(1) Toutefois, un jugement du tribunal de Bastia, en date du 19/09/1989, a accordé la dénomination « brocciu » à un produit fabriqué dans des cuves à chauffage indirect (vapeur)</p>	

Les principaux facteurs qui interviennent dans les productions classiques par thermocoagulation sont les suivants [99].

- **L'acidité initiale du sérum** : il est impératif de n'utiliser que du sérum doux, car les éléments du précipité d'un sérum acide sont trop fins et ne peuvent plus se regrouper à la surface du sérum.

- **La durée du chauffage** : un chauffage rapide ne donne qu'une précipitation incomplète des protéines de lactosérum, un gâteau de protéines fragile, difficile à prélever. Par contre, un chauffage lent avec une même température finale donne des résultats contraires et un meilleur rendement en produit récupéré.

Dans le cas d'une élévation de température très rapide (injection de vapeur), un chambrage long (20 min) est nécessaire pour obtenir après acidification, une précipitation correcte des protéines qui resteront sous forme de fines particules (1 µm).

- **La température finale de chauffage** : elle a une incidence sur la quantité de produit séparé du sérum mais surtout sur sa qualité physique et sa saveur. En dessous de 88 °C, le caillé est plus mou, plus difficile à séparer et humide. Au-dessus, le gâteau de protéines est ferme, plus sec et granuleux.

### 3. Conclusion

À la lecture de ces quelques pages la constatation qui s'impose est que la transformation du lait en fromage a atteint un niveau de technicité très élevé. Cela a été rendu possible grâce à l'imagination de plusieurs générations de fromagers, au niveau de connaissances acquises, dans le domaine de la science du lait, sur les composants du lait, et sur leurs évolutions et leurs interactions au cours des transformations et à la mécanisation des procédés de fabrication. Une évolution très importante a eu lieu en ce dernier demi-siècle puisque d'ateliers artisanaux, on est passé à de véritables chaînes fortement mécanisées capables de reproduire jour après jour les mêmes produits dans un souci de rendement fromager, de productivité, de respect de la matière et d'amélioration constante de la qualité.

La transformation du lait en fromage reste un domaine dynamique, nous avons assisté ces dernières années à l'introduction de techniques nouvelles telle que la filtration sur membrane pour éliminer la flore microbienne, réaliser l'égouttage, ou modifier la compo-

sition des laits, en l'ajustant à la fabrication. La sécurité alimentaire s'en est trouvée accrue et de nouveaux produits sont apparus.

L'évolution devrait se poursuivre dans les années à venir. Le fromager d'aujourd'hui dispose de connaissances et de techniques qui permettent d'envisager des procédés nouveaux où la structuration et l'aromatization de la pâte fromagère seraient dissociées et menées de manière plus indépendantes que cela n'est réalisé aujourd'hui. Une maîtrise plus avancée des écosystèmes bactériens participant à la fabrication devrait accentuer la typicité de certains fromages : micro-organismes présents faiblement ou en grand nombre de manière éphémère ou tout au long du cycle de transformation. Enfin, l'émergence de nouveaux modes de consommation risque de contraindre le technologue fromager à s'orienter vers de nouvelles présentations de produits existants ou à en créer de nouveaux.

#### Remerciements

Les auteurs expriment leurs vifs remerciements à **Jean-Louis Maubois**, Directeur du LRTL-INRA de Rennes pour sa lecture critique de l'ensemble du manuscrit.

# 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 recombiné). 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 recombiné). *Recombination of milk and milk products* (Lait recombiné 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 recombiné. 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 recombinaés 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 phosphocaseinate 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 phosphocaseinate 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 recombined milks* (Fabrication du fromage Ras à partir de lait frais et de lait recombinaé). 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.). – *Laits 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.). – *Moississures 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 moississures 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 caseicolaum, 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)