



Bâtiment EUDIL-IAAL  
Avenue Paul Langevin  
59655 VILLENEUVE  
D'ASCQ Cedex



IAAL 3

# Le fromage de Beaufort



AGRANIER Mathieu  
DESBOIS Grégory  
MAILLET-LERAT Julien  
POLLET Pascal  
POSTEC Christophe

Enseignant : D. BOUNIE

# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Introduction</i> .....                               | <i>1</i>  |
| <b>I. Historique et présentation du produit</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>A. Historique du produit</b> .....                   | <b>2</b>  |
| <b>B. Description du produit</b> .....                  | <b>2</b>  |
| <b>II. AOC</b> .....                                    | <b>4</b>  |
| <b>A. Les règles de fabrication</b> .....               | <b>4</b>  |
| 1. La zone de production.....                           | 5         |
| 2. La race.....   | 5         |
| 3. L'alimentation du bétail.....                        | 6         |
| 4. Type de lait mis en oeuvre .....                     | 7         |
| 5. Les règles liées à la fabrication du Beaufort.....   | 8         |
| <b>B. Les règles de vente</b> .....                     | <b>8</b>  |
| <b>C. Les contrôles</b> .....                           | <b>10</b> |
| <b>III. L'organisation de la filière Beaufort</b> ..... | <b>11</b> |
| <b>A. Les différents acteurs de la filière</b> .....    | <b>11</b> |
| 1. Les producteurs.....                                 | 11        |
| 2. Les transformateurs.....                             | 11        |
| 3. Les autres acteurs de la filière .....               | 12        |
| a) Le Syndicat de la Défense du Fromage Beaufort.....   | 12        |
| b) L'Union des Producteurs de Beaufort .....            | 13        |
| c) Le Service Technique.....                            | 13        |
| <b>B. Le financement de la filière</b> .....            | <b>13</b> |
| <b>C. Débouchés et filière de distribution</b> .....    | <b>15</b> |
| <b>IV. La fabrication du Beaufort</b> .....             | <b>17</b> |
| <b>A. Le caillage ou la coagulation</b> .....           | <b>18</b> |
| 1. Coagulation par voie acide .....                     | 19        |
| 2. Coagulation par voie enzymatique .....               | 20        |
| 3. Origine de la présure .....                          | 21        |
| <b>B. Le décaillage</b> .....                           | <b>22</b> |
| <b>C. Le brassage et la cuisson</b> .....               | <b>23</b> |
| <b>D. Le moulage et le pressage</b> .....               | <b>23</b> |
| <b>E. Le salage</b> .....                               | <b>24</b> |
| <b>F. L'affinage</b> .....                              | <b>26</b> |
| 1. Enzymes intervenant dans l'affinage .....            | 26        |
| a) Enzymes naturelles du lait.....                      | 26        |
| b) Enzymes d'origine microbienne.....                   | 26        |
| c) Enzymes d'origine exogène .....                      | 27        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 2.         | Les transformations du substrat pendant l'affinage .....  | 27        |
| a)         | Glycolyse.....  | 27        |
| b)         | Lipolyse .....  | 27        |
| c)         | Protéolyse .....  | 27        |
| 3.         | Modalités de l'affinage.....  | 28        |
| a)         | Rôle de l'hygrométrie .....   | 28        |
| b)         | Rôle de la température .....  | 28        |
| c)         | Rôle des soins .....  | 29        |
| <b>V.</b>  | <b><i>Travaux réalisés par l'INRA pour la maîtrise de la production du fromage de Beaufort.....</i></b> | <b>30</b> |
| <b>A.</b>  | <b>Travaux concernant le procédé de fabrication.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>B.</b>  | <b>Étude de la production du lait et de son influence sur la qualité du fromage produit .....</b>       | <b>31</b> |
| 1.         | Caractérisation des animaux et de leur alimentation.....  | 31        |
| 2.         | Mise au point d'un système de traite .....  | 32        |
| 3.         | Conditions de production et caractéristiques du lait et du fromage .....                                | 32        |
| a)         | Aptitude du lait à la coagulation.....  | 32        |
| b)         | Caractéristiques des fromages affinés.....  | 32        |
| <b>VI.</b> | <b><i>Bénéfices tirés de la consommation du Beaufort.....</i></b>                                       | <b>35</b> |
|            | <b><i>Conclusion .....</i></b>  | <b>36</b> |
|            | <b><i>Bibliographie.....</i></b>  | <b>37</b> |

# Introduction

Le fromage de Beaufort est un fromage à pâte pressée cuite.

Il est produit depuis de nombreux siècles, mais son véritable nom n'apparaît qu'en 1865. Suite à l'industrialisation du début du XX<sup>ème</sup> siècle, la quantité de Beaufort produite n'a cessé de diminuer à cause de l'exode rural important.

Soucieux de relancer l'économie locale, éleveurs et producteurs se sont associés et, soutenus par l'INRA (Institut Nationale de la Recherche Agronomique), ont permis la mise en place d'une Appellation d'Origine Contrôlée décrétée en 1968. Celle-ci a eu pour conséquence une réorganisation de la filière, ce qui a permis un essor du produit et de l'économie de ces régions difficiles.

Le but de notre projet est de caractériser le Beaufort, autant au niveau de sa fabrication, que de ses qualités organoleptiques, en le comparant à des produits similaires tels que l'Emmental ou le Comté de manière à mettre en évidence ses spécificités.

Dans un premier temps, nous présenterons le Beaufort, ainsi que son histoire. Puis, nous décrirons l'AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) dont il bénéficie et l'organisation de sa filière. Après avoir décrit son procédé de fabrication, nous nous intéresserons aux travaux réalisés par l'INRA sur celui-ci. Enfin, nous présenterons les avantages que peut représenter la consommation du Beaufort.

# I. Historique et présentation du produit

## A. Historique du produit

Les hautes vallées de Savoie, au climat rude, aux pentes abruptes et aux vastes surfaces d'alpage: Beaufortin, Tarentaise, Maurienne et une partie du Val d'Arly constituent la zone AOC.

La dénomination « Beaufort » n'apparaît qu'en 1865, mais l'existence d'un fromage similaire à la cour de l'empereur Trajan est déjà signalée par Pline le Jeune (62-114 après Jésus Christ).

D'autre part, les communautés monastiques et villageoises du Moyen âge lui donnent son essor. Des écrits du XVIII<sup>ème</sup> siècle témoignent de sa notoriété.

C'est un système ancien qui permettait de répondre aux besoins des populations qui devaient faire face à un long hiver froid et rigoureux en optimisant l'utilisation de la végétation selon l'altitude :

- ✍ dans la vallée, les terrains sont réservés à la culture des céréales de base, et c'est le lieu où les petits troupeaux hivernaient ;
- ✍ en zone dite « montagnette », les troupeaux pâturent au printemps et à l'automne. Le lait produit est transformé en tomme destinée à l'auto-consommation familiale ;
- ✍ en zone dite de « grande montagne » ou alpage, les vaches sont rassemblées en grands troupeaux pouvant atteindre 200 têtes. Les montagnards exploitent pendant les « 100 jours », de juin à septembre, les prairies de 1500 à 2500 mètres d'altitude.

On fabrique alors le Beaufort qui est exporté dans de grandes cités, Paris, Lyon ou Turin et qui procure l'argent indispensable à l'achat des denrées qui ne peuvent être produites.

La production a été relancée dans les années 60 par des éleveurs soucieux de maintenir une agriculture montagnarde. Le Beaufort bénéficie depuis 1968 d'une Appellation d'Origine Contrôlée (AOC). Cette relance du Beaufort a été un succès: la production a dépassé 3860 tonnes en 1998 (soit 96500 meules), et elle valorise le lait d'un cheptel de près de 12000 vaches de race tarine ou abondance provenant d'environ 800 exploitations agricoles. Ces exploitations sont de petites tailles avec une production laitière moyenne de 50000 kg de lait par an contre 100000 au niveau national.

La commercialisation sur place, dans les réseaux de distribution nationaux et par un système original de vente par correspondance assure la diffusion du produit, ceci représentant près de 1100 emplois.

## B. Description du produit

Le Beaufort est un fromage au lait cru et entier, à pâte pressée cuite, se présentant sous la forme d'une meule à talon concave de 20 à 70 kg (photo en couverture).

A l'œil, la croûte est lisse, jaune à brun. La pâte est unie, sans trous avec quelques fines « lainures » (fentes).

Au toucher, il a une consistance ferme, souple et grasse. Au nez, une odeur franche et fruitée se dégage.

Au goût, une fine saveur de noisette se développe.

Le Beaufort est un excellent fromage de fin de repas. Il se consomme aussi en en-cas à l'apéritif. Il sert à confectionner la fondue savoyarde et entre dans la composition des croûtes, tartes, gratins. Des exemples de ces recettes partir de Beaufort sont présentés en annexe 1.

Les meilleures saisons sont l'hiver, le printemps et l'été.

Le Beaufort s'apprécie avec les vins blancs et rouges fruités de la région.

Il se décline en 3 appellations:

- ✍ le Beaufort d'alpage, fabriqué en alpage (2 fois par jour en pâturage situé au moins à 2000 mètres) et le lait provient d'un seul et même troupeau ;
- ✍ le Beaufort d'Eté (juin à octobre) est fabriqué soit en vallée, soit en alpage. Le lait provient de différents troupeaux ayant pâturé en alpage ;
- ✍ le Beaufort d'Hiver est fabriqué en vallée. Le lait provient de bêtes parquées ou en stabulation libre.

## II. AOC

La notion juridique d'appellation d'origine est liée à celle de terroir délimité, et aussi de savoir-faire traditionnel. Définissant un produit par son aire géographique et ses conditions d'obtention, elle vise à le protéger contre les contrefaçons et à maintenir un certain nombre de règles de qualité et de spécificités. Elle constitue ainsi une garantie, tant pour le producteur, que pour le consommateur.

Ce souci d'origine du produit, en particulier en matière viticole et agro-alimentaire, remonte à l'Antiquité ; nombre de textes anciens traduisent la volonté des autorités locales ou princières de délimiter et protéger telle ou telle denrée. En France, la première réglementation en matière de fromage remonte au XV<sup>ème</sup> siècle, quand le roi Charles VII accorde un privilège aux habitants de Roquefort. Le système actuel des appellations d'origine contrôlée se met en place après les graves crises viticoles qui secouent le pays à partir de la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, et s'applique d'abord uniquement au vin. Le texte fondateur est le décret-loi de 1935.

Pour les fromages, malgré la loi pionnière relative au Roquefort, les premiers textes sont constitués d'arrêts des tribunaux. Dans une deuxième phase, le législateur a pris le relais (lois de 1955 et 1973). Depuis la loi de 1990, les appellations fromagères sont régies par l'INAO (Institut National des Appellations d'Origine). Le principe des AOC est le même: à travers le nom, l'État protège un produit issu d'un savoir-faire collectif et spécifique à un terroir. Les décrets d'appellation (dernier décret en annexe 2), constituant un véritable cahier des charges, précisent, à côté de l'aire délimitée, les espèces et races autorisées, l'alimentation du bétail, la nature du lait mis en oeuvre et les procédés licites de fabrication.

Cet édifice des AOC a joué un rôle notable dans l'aménagement rural, préservant une certaine activité économique dans les zones de montagne ou défavorisées, comme l'Aubrac ou le Beaufortain. Les quarante fromages AOC proviennent surtout de la Franche-Comté, des Alpes et du Massif central. Comme les autres produits d'appellation, ils trouvent un bon accueil auprès des consommateurs. Et s'ils ne représentent encore que 16 % des achats de fromage, alors que les vins d'appellation représentent près de la moitié de la consommation en France, les volumes produits en AOC ont augmenté de 23 % en dix ans.

### **A. Les règles de fabrication**

L'Appellation d'Origine Contrôlée est accordée à des productions traditionnelles de haute qualité, respectant un cahier des charges strict et liées à un terroir dont le sol et le climat influent sur la qualité finale du produit.

Les normes qui régissent actuellement la production de Beaufort se sont en fait mises en place progressivement, des décrets successifs venant compléter le texte initial du 4 avril 1968. Ces ajustements se sont avérés nécessaires pour compléter et préciser les dispositions initiales qui auraient pu conduire à certaines dérives, induites par le succès même du produit. L'existence d'un débouché intéressant incitait en effet certains producteurs à intensifier leur système de production, évolution contraire à l'esprit de l'appellation.

Le texte du 4 avril 1968 et les décrets successifs qui reconnaissent l'AOC pour le Beaufort imposent donc des règles de fabrication strictes. En particulier, ils délimitent la zone de production du lait, fixent les caractéristiques de la matière première utilisée et du produit élaboré selon un mode de fabrication traditionnel.

## 1. La zone de production

La production du lait, la fabrication et l'affinage des fromages sont limités à la haute montagne savoyarde. Ce qui correspond aux vallées du Beaufortain, de la Tarantaise, de la Maurienne et une partie du Val d'Arly.

Cette aire géographique (figure 1) s'étend donc sur deux départements :

- ✍ le département de la Savoie, comprenant les cantons d'Albertville, de Beaufort, de Bourg-Saint-Maurice, d'Aime, de Bozel, de Moûtiers, de Saint-Jean-de-Maurienne, de Modane, d'Ugine, de La Chambre, de Lanslebourg-Mont-Cenis et Saint-Michel-de-Maurienne ;
- ✍ le département de la Haute-Savoie, comprenant les cantons de Sallanches et de Saint-Gervais-les-Bains.



**Figure 1 : Zone géographique délimitée de production de Beaufort (syndicat de défense du Beaufort)**

## 2. La race

Le lait utilisé pour la fabrication doit provenir uniquement de troupeaux laitiers composés de vaches de races locales, tarine (figure 2) ou abondance (figure 3). Ces animaux doivent soit répondre aux critères de la section principale du livre généalogique, soit avoir fait l'objet d'une authentification à partir des caractères phénotypiques reconnus.

Cette obligation résulte de la reconnaissance des aptitudes fromagères particulières de ces deux races, mais aussi du fait que seuls ces types d'animaux présentent la rusticité nécessaire et la capacité de valoriser les terrains montagnards pentus.



**Figure 2 : Vache de la race Tarine**



**Figure 3 : Vaches de la race abondance**

### **3. L'alimentation du bétail**

Elle constitue un point essentiel dans la typicité des caractères des laits et des fromages. La couleur de la pâte d'un fromage est ainsi liée à la teneur en carotène des laits, elle-même fonction de l'alimentation des troupeaux. Nature des sols, climat et pratiques agricoles influent sur la qualité du fourrage. La richesse en composés aromatiques d'un fromage est ainsi plus grande quand le troupeau a mangé un foin de prairie naturelle, riche en multiples plantes. Par ailleurs, certains aliments donnent de mauvais goûts au lait qui sont rapidement transmis au fromage, la matière grasse du lait étant un fixateur d'odeurs.

Selon les règles de l'AOC Beaufort, les produits d'ensilage et les autres aliments fermentés sont interdits sur l'exploitation. L'alimentation du troupeau est assurée essentiellement par des fourrages provenant de l'aire géographique. La ration de base est constituée d'herbe pâturée durant la période estivale et de foin à volonté durant la période hivernale selon les conditions définies au règlement d'application :

- ✍ Durant la période estivale, la complémentation des vaches laitières ne peut intervenir que de façon exceptionnelle dans les cas suivants : vêlage, appât pour la traite, incidents climatiques, mise à l'herbe et arrière-saison ;
- ✍ Durant la période hivernale, l'apport de fourrage extérieur à la zone ne peut intervenir qu'en appoint de ressources locales et selon des modalités elles-mêmes définies au règlement d'application.

L'entretien des pâturages d'alpage doit être lié à la conduite traditionnelle du troupeau en pâture ou au repos pour que les déjections soient convenablement réparties sur les parcelles pâturées. L'épandage des fumiers et des lisiers doit répondre aux mêmes principes pour la fertilisation des prés et des prairies de fauche dans la vallée selon les modalités définies au règlement d'application.

#### **4. Type de lait mis en oeuvre**

La fabrication du Beaufort est réalisée à partir de lait cru et entier. Par conséquent, ce lait ne peut être chauffé au-delà de 40°C. Il s'agit du lait mis en oeuvre avant emprésurage, ce qui explique que les fromages dits à pâte cuite (comme le Beaufort), peuvent entrer dans la catégorie des productions au lait cru. Le lait cru, qui préserve l'intégralité des microorganismes du lait, offre un « plus » gustatif.

De plus, la séparation de la matière grasse, généralement effectuée à l'aide d'une écrémeuse qui agit par voie centrifuge, est interdite pour l'appellation Beaufort puisque le lait doit être entier.

Ce lait utilisé pour la fabrication doit provenir d'un troupeau dont la production moyenne n'excède pas 5 000 kilogrammes de lait par vache en lactation et par an.

Le lait doit être apporté à l'atelier de fabrication dans les plus brefs délais après la traite; toutefois, à la demande de la fromagerie, lorsque des réservoirs réfrigérés sont utilisés à la ferme, le lait peut n'être apporté qu'une fois par jour à l'atelier. Dans ce cas, le mélange des laits des traites différentes ne se fait qu'à la fromagerie, au moment de la mise en fabrication.

Après la fin de la traite et jusqu'à l'emprésurage, le passage du lait dans les pompes doit être limité. La fabrication du Beaufort peut se faire:

- ✍ à partir de lait non refroidi, collecté dans les deux heures après la fin de la traite et emprésuré à l'arrivée à la fromagerie;
- ✍ à partir du mélange du lait des deux traites consécutives, dans un délai maximal de vingt heures après la plus ancienne, celle-ci ayant été refroidie, la plus récente étant constituée de lait non refroidi collecté dans les deux heures.

Le temps passé entre la collecte et la mise en oeuvre est primordial. En effet, le lait est un produit vivant, d'autant plus qu'il est utilisé cru. Cela explique que le décret d'appellation prévoit un délai précis entre la collecte et la mise en oeuvre du lait. Son stockage, même dans des tanks réfrigérés, entraîne une évolution de sa flore pouvant gêner la fabrication.

## **5. Les règles liées à la fabrication du Beaufort**

La fabrication de fromage à appellation d'origine contrôlée Beaufort ne peut s'exercer que dans un atelier approvisionné exclusivement avec des laits répondant aux prescriptions du décret d'appellation, que ces laits soient destinés uniquement à la fabrication du Beaufort ou partiellement à la consommation ou à la fabrication d'autres produits laitiers.

Les levains utilisés pour la fabrication de Beaufort sont de type thermophile et constitués en majeure partie de lactobacilles. A une température de 32 à 35°C, le lait caille par action de la présure comme seul agent coagulant. La recuite, additionnée de caillette, sert simultanément à la culture de ces levains lactiques et à l'obtention de la présure. Si cela est nécessaire, l'emploi en complément de présure commerciale est possible.

L'addition de tout autre produit est interdit pour la fabrication.

Dans les salles de fabrication du Beaufort, la détention de tout appareil ou installation susceptible de chauffer le lait avant emprésurage à une température supérieure à 40°C est interdite, à l'exception de la chaudière de fabrication. Le chauffage du caillé, effectué en cuve de cuivre, a pour effet de le porter à une température comprise entre 53 et 56°C.

Avant pressage, le caillé est rassemblé dans une toile et moulé dans le cercle de bois propre au Beaufort dit « cercle à Beaufort ». Ce cercle particulier de diamètre réglable présente sur sa face interne un renflement circulaire dont résulte la forme concave du talon, caractéristique du Beaufort. Pendant le pressage, des retournements sont pratiqués.

L'affinage des fromages est effectué pendant un période de cinq mois au minimum à compter du jour de fabrication, à température ne dépassant pas 12°C et une hygrométrie de 92% au minimum.

Une plaque est utilisée pour écrire le jour et le mois de fabrication, doit rester lisible jusqu'à la commercialisation.

## **B. Les règles de vente**

Pour pouvoir bénéficier de l'AOC Beaufort, les fromages doivent satisfaire aux dispositions suivantes :

- ✍ lorsque le fromage est vendu après préemballage, les morceaux doivent obligatoirement présenter une partie croûtée caractéristique de l'appellation (figure 4). Toutefois, cette croûte peut être débarrassée de la morge ;



**Figure 4 : Part de fromage de Beaufort coupée selon la réglementation**

- ✍ lorsque le fromage est commercialisé après avoir été râpé, l'appellation Beaufort est interdite ;
- ✍ indépendamment des mentions réglementaires applicables à tous les fromages, l'étiquetage des fromages bénéficiant de l'appellation d'origine Beaufort doit comporter le nom de l'appellation inscrit en caractères de dimensions au moins égales aux deux tiers de celles des caractères les plus grands figurant sur l'étiquetage ;
- ✍ l'apposition du logo (figure 5), comportant le sigle « INAO », la mention « Appellation d'Origine Contrôlée » et le nom de l'appellation sont obligatoires dans l'étiquetage des fromages bénéficiant de l'appellation d'origine contrôlée.



**Figure 5 : Logo de l'AOC Beaufort**

- ✍ l'emploi de tout qualificatif ou autre mention accompagnant ladite appellation d'origine est interdit dans l'étiquetage, la publicité, les factures ou papiers de commerce, à l'exception : des marques de commerce ou de fabrique particulières et des termes « été » ou « chalet d'alpage » dont l'emploi est admis selon certaines conditions :

- « été »: pour les productions laitières de juin à octobre inclus y compris les laits d'alpage ;
- « chalet d'alpage »: pour les productions estivales fabriquées deux fois par jour en chalet d'alpage au dessus de 1 500 mètres d'altitude, selon des méthodes traditionnelles comportant tout au plus la production laitière d'un seul troupeau dans le chalet.

L'emploi de toute indication, de tout signe, de toute dénomination de fantaisie ou de tout mode de présentation concernant le talon, susceptible de faire croire à l'acheteur qu'un fromage à pâte pressée cuite de plus de 15 kilogrammes a droit à l'appellation d'origine Beaufort, alors qu'il ne répond pas à toutes les conditions fixées précédemment, sera poursuivi conformément à la législation sur la répression des fraudes et sur la protection des appellations d'origine.

### **C. Les contrôles**

Créé en 1935, l'Institut National des Appellations d'Origine est chargée de la gestion des Appellations d'Origine Contrôlée, dans tous les secteurs de l'agroalimentaire. C'est l'institut qui instruit les demandes portées par les syndicats interprofessionnels de reconnaissance d'un produit en tant qu'AOC. Il est aussi en grande partie chargé des contrôles.

Chaque producteur, à travers la signature d'une déclaration d'aptitude s'engage à respecter le cahier des charges de l'appellation Beaufort. Des agents de l'INAO sont habilités à effectuer des contrôles au niveau de la production de lait, de la transformation et de l'affinage des fromages. Les producteurs doivent tenir à la disposition des services de l'INAO tout document nécessaire au contrôle du respect des conditions de production, notamment une comptabilité journalière claire comportant les entrées et les sorties de lait et de fromages ou tout autre document comptable équivalant ainsi qu'un état mensuel de sa production. Ces documents doivent satisfaire aux dispositions précisées dans le décret d'appellation d'origine du Beaufort.

Si un producteur ne respecte pas ces règles, l'usage de l'Appellation peut être retiré.

Les qualités gustatives et de composition sont aussi contrôlées régulièrement par une commission d'Agrément composée de professionnels, en majeure partie des agriculteurs, qui jugent les fromages en parfait anonymat.

Les agents de Direction Départementales de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DDGCCRF) mènent des contrôles au niveau de la distribution.

### **III. L'organisation de la filière Beaufort**

En ces temps de compétition économique, il ne suffit pas de produire un fromage sain, aux parfaites qualités gustatives, pour un coût que le consommateur est prêt à payer. Il faut également maîtriser le cycle de production, avec ses différents acteurs économiques, mais aussi les organismes de recherche et les pouvoirs publics. Ce sont ces aspects indispensables au succès d'une filière que nous allons développer.

#### **A. Les différents acteurs de la filière**

Bien que la tendance actuelle soit à l'intégration totale de la filière, c'est à dire à la maîtrise de toutes les étapes de la production (du lait à la commercialisation du produit pré-emballé), on peut toujours considérer que la filière est organisée en deux groupes: les producteurs qui assurent les besoins en lait d'une part, et les fabricants d'autre part.

##### **1. Les producteurs**

Ce sont les éleveurs. Autrefois ils possédaient de grands troupeaux (jusqu'à 200 têtes), exploitaient les grandes montagnes, les alpages, 100 jours par an de juin à septembre. Actuellement, 800 exploitations assurent la production des 35 millions de kg de lait nécessaires à la production du Beaufort. La production moyenne d'un élevage est de 40 000 kilogrammes par an, ce qui représente environ la moitié de la moyenne nationale (100 000 kg/an). Le cheptel actuel est de 12 000 têtes réparties sur les 800 exploitations. Ceci donne une taille moyenne des exploitations d'une quinzaine de vaches par élevage.

Le nombre de personnes ayant un emploi grâce à la production de lait s'élève à 1 000. Par contre, la moitié des exploitants de la zone de production exerce un autre emploi dans le tourisme en général. On remarque une tendance au rajeunissement des chefs d'exploitation. En effet, on est passé dans le canton de Lanslebourg de 11,5% ayant moins de 35 ans en 1979 à 17,5% en 1988. De même, dans le canton de Moûtiers, la proportion de plus de 65 ans est passée de 23,3% en 1979 à 15,5% en 1988.

##### **2. Les transformateurs**

Les fabricants de fromage comprennent les producteurs particuliers et les coopératives. La plus grande partie de la production de Beaufort (75%) est assurée par des coopératives permanentes. Le reste est produit par des coopératives saisonnières d'été ou d'hiver, des producteurs particuliers et des entreprises privées. L'ensemble de ces ateliers emploie une centaine de personnes.

La répartition des fabricants est la suivante :

- ✍ 8 coopératives permanentes ;
- ✍ 1 coopérative d'affinage ;
- ✍ 4 coopératives saisonnières d'hiver ;
- ✍ 7 groupements pastoraux ;
- ✍ 21 producteurs particuliers ;
- ✍ 2 unités gérées par l'industrie laitière (entreprises privées).

L'ensemble des coopératives assure 70% à 75% de la production totale de Beaufort.

La part de chaque type d'ateliers dans la production totale est représentée dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Part de chaque type d'ateliers dans la production totale**

| <b>Ateliers</b>          | <b>Part de la production en 1980 (%)</b> | <b>Part de la production en 1996 (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Coopératives permanentes | 72                                       | 75,1                                     |
| Coopératives d'hiver     | 13                                       |  |
| Groupements pastoraux    |  | 4,8                                      |
| Producteurs particuliers | 8  | 6,7                                      |
| Unités industrielles     | 7  | 13,1                                     |

Un conseil d'administration organise la gestion de la coopérative et la commercialisation des produits. Il emploie le personnel nécessaire à la fabrication du fromage et à l'administration de l'entreprise.

Les producteurs particuliers regroupent les alpagistes et les producteurs particuliers produisant l'hiver. Les alpagistes sont des éleveurs qui entretiennent sur leurs alpages un troupeau dont ils sont propriétaires. Ils transforment le lait et commercialisent leurs fromages.

Les groupements pastoraux ne sont pas des coopératives: il s'agit de regroupements de troupeaux l'été pour la fabrication du fromage.

Le regroupement des fabricants date de 1939, mais cette première fut un échec. En effet, il ne suffit pas de créer une structure, encore faut-il y développer un esprit qui s'exprime à travers la solidarité collective. En 1939, l'objectif était d'inciter les producteurs à s'organiser et négocier ensemble pour mieux affiner et commercialiser leurs fromages. Mais le démarrage en économie de guerre, la centralisation administrative et commerciale, l'influence des gros alpagistes ont abouti à des négociations ne préservant pas la coopération. La logique individuelle l'a emporté sur la logique collective.

C'est en 1960 que la coopération a réellement démarré. L'idée de mélanger les laits de différents troupeaux est une innovation et est à l'origine de la mise en place des coopératives. Par contre, les alpagistes privés, les groupements pastoraux continuent à fabriquer eux même leur fromage et refusent l'adhésion aux coopératives.

Ainsi, on assiste à des conflits entre les coopératives et les producteurs. Ces derniers imposent la fermeture des coopératives l'été, considérant que la fabrication de Beaufort pendant cette période leur est réservée. Pour résoudre ces différents, les coopératives négocient avec les alpagistes le travail séparé du lait d'alpage et l'achat du lait d'alpage à un prix plus élevé que celui du lait d'hiver. Il s'établit alors un compromis, qui valorise la coutume et profite aux alpagistes. De plus, l'ouverture estivale des coopératives assure une meilleure valorisation du prix du lait pour l'ensemble des producteurs.

### **3. Les autres acteurs de la filière**

#### **a) Le Syndicat de la Défense du Fromage Beaufort**

Cet organisme existe depuis 1975. Il gère l'AOC et la promotion du Beaufort. Les producteurs y adhèrent par le biais des achats des plaques de caséine. Le Syndicat possède l'exclusivité de la distribution de ces plaques, chacune étant vendue 4 €. Les producteurs ont besoin d'une plaque de caséine par meule, soit une plaque pour 20 à 70 kg de Beaufort. Aujourd'hui la meule produite est de 40 kg, la cotisation correspond donc à une cotisation

proportionnelle à la quantité de lait transformé s'élevant à 1 centime d'euros par kg de lait transformé.

Le budget du Syndicat est de 380000 € par an; il est essentiellement destiné à la promotion collective du Beaufort. Ce budget est considérable par rapport à celui du Syndicat du Champagne par exemple, qui s'élève à 2 centimes par kg de champagne contre 10 centimes par kg de Beaufort.

D'autre part, le Syndicat réalise l'essentiel de la promotion, celle-ci faisant partie intégrante de son rôle. La promotion du Beaufort est globale, on ne voit jamais de publicité pour une marque, mais toujours des slogans généraux.

### **b) L'Union des Producteurs de Beaufort**

Cette Union a été créée en 1965 dans le but de limiter la spéculation des grossistes et de gérer la concurrence entre les différents opérateurs de la filière. La cotisation est de 0.8 centimes d'euros par kg de lait transformé.

### **c) Le Service Technique**

Le Service Technique a été mis en place par l'Union des Producteurs en 1965. La cotisation à ce service est également proportionnelle au litrage de lait transformé. Les principales coopératives y adhèrent : l'ensemble des coopératives permanentes et six ateliers d'alpage, ce qui correspond à 90% de la production totale de Beaufort. Le chef du Service Technique est un ancien fromager. Le but de ce service est d'améliorer la qualité au travers des actions suivantes :

- ✍ suivi technique en fromagerie (200 contrôles par an) ;
- ✍ suivi de fabrication et analyses, vérification de la cohérence que chaque fromager met dans sa fabrication ;
- ✍ prélèvements de lait pour répondre à la loi sur le paiement du lait en fonction de sa composition et de sa qualité ;
- ✍ études sur le terrain, qui permettent une écoute et une bonne entente entre les fromagers et le Service Technique.

A ces organismes de la filière Beaufort il faut ajouter la collaboration de l'INRA (paragraphe V).

## ***B. Le financement de la filière***

La filière Beaufort est souvent considérée comme un modèle de réussite de l'agriculture de haute montagne. Certains auteurs affirment que la notoriété et la qualité du fromage permettent de rentabiliser le kilogramme de lait à 84 centimes d'euros, ce qui couvre les coûts considérables d'exploitation et de transformation.

La réalité semble différente. D'après le Syndicat de Défense du Beaufort, les revenus agricoles des professionnels de la filière Beaufort sont les plus bas de France. Alors que les économistes annoncent une réussite totale du système avec l'aide de l'État le Syndicat pense que le système est loin d'être idéal et que, les subventions ne sont pas suffisantes par rapport aux handicaps naturels.

Par exemple, alors que le prix du foin acheté à l'extérieur et transporté revient à 11 centimes d'euros par kilogramme, le kilogramme de foin obtenu sur place revient à 15

centimes aux exploitants, main d'œuvre non comprise. La raison de ce surcoût vient des difficultés de :

- ✍ ramassage : les terrains sont pentus et les machines agricoles spécialisées doivent être achetées à l'étranger, donc sans aide de l'État ;
- ✍ séchage : l'air est humide en montagne ; le séchage est difficile et coûte cher ;
- ✍ travail.

Les exploitants sont tentés d'acheter du foin à l'extérieur (bien que cet achat ne soit autorisé qu'en cas de nécessité selon le décret définissant l'AOC). De plus il existe une prime d'indemnité compensatrice aux handicaps naturels (ICHN) que les agriculteurs peuvent percevoir. Mais ils ne perçoivent l'ICHN qu'à condition que tous leurs animaux soient rentrés à l'étable pendant l'hiver (génisses y compris): cette indemnité incite donc encore les agriculteurs à acheter du foin pour nourrir leurs animaux à l'étable.

En outre, les fabricants de fromage, coopératives et industriels, sont confrontés au problème du report de la vente par rapport aux dépenses de fabrication. En effet, pour un fromage fabriqué le 1<sup>er</sup> juillet, on a par exemple le cycle suivant :

- ✍ 1<sup>er</sup> juillet : fabrication du fromage ;
- ✍ 1<sup>er</sup> août : paiement de 80% du lait au producteur ;
- ✍ 4 juillet au 1<sup>er</sup> mars : affinage (coût élevé) ;
- ✍ 1<sup>er</sup> mars: fin de l'affinage, vente au grossiste ;
- ✍ 31 mars: paiement par le grossiste: première rentrée d'argent, pour un fromage fabriqué 9 mois plus tôt.

Les coopératives pratiquent donc ce que l'on appelle une politique de réserve : elles ne placent jamais leurs bénéfices mais s'autofinancent.

Pour pouvoir subsister le système a besoin d'apports extérieurs, essentiellement constitués par 2 sources : la pluri-activité et les subventions.

Les subventions représentent une part importante dans l'équilibre des exploitations. Pour le sous-système « vaches laitières louées à un alpagiste l'été », sur les 13 exploitations étudiées par le Centre de Comptabilité-Gestion de Chambéry, l'indemnité spéciale montagne représentait 25% du revenu agricole pour l'exercice 1997-1998. Dans le sous-système « vaches gardées toute l'année », elle atteignait 30% en moyenne. Ces chiffres pourraient paraître élevés et l'agriculture de montagne apparaître comme pauvre et quémandeuse ; pourtant si la collectivité nationale veut maintenir une vie agricole (et donc une vie tout court) dans ces régions au relief difficile, il peut sembler normal qu'elle verse une indemnité pour compenser les handicaps naturels auxquels les producteurs se trouvent confrontés.

Une autre aide vient aux exploitants de la filière Beaufort : la prime de mise à l'herbe s'élevant à 2 290 € par exploitation.

La pluri-activité est considérée pour certains auteurs comme un moyen de survie du système Beaufort. La part de pluri-activité est élevée, comme le montre une étude du Centre d'Étude du Machinisme Agricole, du Génie Rural des Eaux et des Forêts (CEMAGREF). Elle peut atteindre jusqu'à 46% en Maurienne, 51% en Tarentaise et 62% dans le Beaufortin, contre 40% pour l'ensemble des agriculteurs savoyards.

Jadis les emplois industriels dans les parties basses des vallées venaient compléter les ressources tirées de l'agriculture. Aujourd'hui ce sont des emplois saisonniers ou journaliers liés au tourisme qui assurent ces revenus complémentaires.

Cependant, les professionnels du Beaufort ne pensent pas que la pluri-activité est indispensable à l'équilibre économique du système Beaufort ; la pluri-activité en haute montagne est une tradition. Autrefois les agriculteurs et fromagers étaient colporteurs, chauffeurs de taxi ou écaillers d'huîtres à Paris l'hiver. Cette pluri-activité correspond, d'après certains, à leur mode de vie.

### **C. Débouchés et filière de distribution**

Le Beaufort a toujours été fabriqué pour être vendu et non pour la seule autoconsommation. Autrefois, il était expédié dans les grandes villes les plus proches de la Savoie, c'est à dire Turin, Lyon et Paris. En 1899, 93,7% de la production était consommée hors de la Savoie.

En 1983, du fait de la production limitée, la commercialisation du Beaufort s'effectue essentiellement en Savoie, dans les départements limitrophes, en régi-on parisienne et dans quelques points de vente spécialisés des grandes villes. Quant à l'exportation, elle était infime: quelques meules par an expédiées en Belgique. Cette faible exportation est expliquée par la concurrence de l'Emmental et des Gruyères, qui ont des productions beaucoup plus importantes.

Actuellement la majeure partie des fromages est vendue sur le territoire français. Toutes les villes de plus de 30000 habitants sont approvisionnées. On trouve le Beaufort dans les crémeries traditionnelles et les hypermarchés. La distribution se réalise au rayon fromager : à la coupe en meule ( sous la marque des coopératives) ou pré-découpé et emballé en libre service (Entremont, marque distributeur,...). Le prix du Beaufort se situe aux alentours de 15 €/le kg pour le pré-emballé et 23 €/le kg pour le fromage à la coupe.

Le circuit de distribution est très développé comme le montre le tableau 2.

**Tableau 2: Schéma de la filière commerciale du Beaufort.**

| <b>Producteurs</b> | <b>Intermédiaires</b>   | <b>Pays destinataires</b> |
|--------------------|---|---------------------------|
| entreprises        | Grossistes 80%   Grossistes de pâtes pressées cuites et de produits de Savoie | France (dont Savoie)      |
|                    |   | Belgique                  |
|                    |   | Allemagne                 |
|                    | Achat direct pour l'Allemagne faible pourcentage                              | Allemagne                 |
|                    | Vente directe sur place 20%   | Touristes de tous pays    |

La vente de la production des coopératives se fait par l'intermédiaire des grossistes ou directement aux consommateurs dans le cadre du tourisme. La part de la vente directe est à peu près de 20%.

La vente directe aux consommateurs coûte très cher aux producteurs. Il faut un magasin et un ou plusieurs employés. Cette vente survit tout de même car c'est une excellente promotion. Le touriste découvre le produit et cherche à le racheter une fois rentré chez lui. Les grossistes sont essentiellement Entremont (qui effectue une distribution nationale), et Connus à Annemasse, dont la distribution est régionale.

Contrairement à la maîtrise de la qualité qui est collective, la commercialisation est individuelle: c'est en réalité un moyen de motiver chaque producteur dans son travail car, pour vendre ses fromages au prix le plus haut possible, il doit produire un maximum de meules sans défaut.

## IV. La fabrication du Beaufort

Un diagramme de fabrication, ainsi qu'un résumé des caractéristique de chaque étape sont présentés, respectivement en annexe 3 et 4. De plus, une animation sous PowerPoint a été réalisée.

Comme pour les autres fromages de la famille des pâtes pressées cuites, les principales étapes de la fabrication du Beaufort visent à assurer une longue conservation, obtenue grâce à une teneur en eau finale du fromage faible et un chauffage du caillé.

Le lait est collecté en bidons individuels après chaque traite ou en regroupant le lait du matin et de la veille au soir. Que ce soit en fabrication d'alpage ou en atelier coopératif, le lait est versé dans un chaudron en cuivre, à l'état cru et sans subir d'écémage. Pour les autres fromages à pâte cuite comme l'Emmental et le Comté, le lait est partiellement écémé, ce qui explique leur teneur en matière grasse plus faible que pour le Beaufort (tableau 3).

De plus, il est bien connu que la matière grasse a un effet dépressif sur l'ouverture (nombre et taille des yeux) du fromage, ce qui explique que celle-ci soit nulle pour le Beaufort.

**Tableau 3 : Composition de trois fromages à pâte cuite français (Chamba et al, 1994)**

|                                       | Emmental grand cru | Comté    | Beaufort  |
|---------------------------------------|--------------------|----------|-----------|
| Matière sèche g/kg <sup>-1</sup>      | 620-640            | 620-640  | 620-640   |
| Matière grasse (p. 100 MS)            | 46-48              | 46-49    | 49-51     |
| pH                                    | 5,6-5,8            | 5,6-5,9  | 5,5-5,8   |
| NaCl, g.kg <sup>-1</sup>              | 3-6                | 4-10     | 8-13      |
| Calcium, g/kg <sup>-1</sup>           | 9-10               | 9-11     | 8-10      |
| Acide lactique, g.kg <sup>-1</sup>    | 4-6                | 4-6      | 12-16     |
| Acide acétique, g.kg <sup>-1</sup>    | 3-4,5              | 2-4      | 0,5-1     |
| Acide propionique, g.kg <sup>-1</sup> | 2,5-5              | 1-4      | 0,05-0,2  |
| Acide butyrique, g.kg <sup>-1</sup>   | 0,1-0,2            | 0,1-0,2  | 0,05-0,15 |
| N soluble pH 4,6, % NT                | 22-26              | 23-30    | 25-32     |
| N soluble TCA 12 % % NT               | 15-20              | 18-24    | 18-26     |
| NH <sub>3</sub> , g.kg <sup>-1</sup>  | 0,75-1,25          | 0,8-1,50 | 0,7-1,4   |
| Cas. α <sub>s1</sub> , % caséines     | 8-14               | 11-17    | 13-19     |
| Cas. α <sub>s1</sub> , % caséines     | 31-39              | 26-32    | 22-28     |
| Cas. β, % caséines                    | 19-29              | 17-21    | 18-22     |

Les étapes immuables, régies par le savoir-faire du fromager et du caviste et identiques dans tous les ateliers, sont alors les suivantes :

### **A. Le caillage ou la coagulation**

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait. Dans la pratique, cette déstabilisation est réalisée de deux manières :

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

Les mécanismes d'action de ces deux agents coagulants au niveau de la micelle sont très différents mais ils conduisent tous deux à la formation d'un coagulum (gel ou caillé).

Le substrat spécifique intéressé par le phénomène de coagulation dans le lait est constitué par les protéines, essentiellement représentées par les caséines. Ces protéines constituent la phase colloïdale; elles se trouvent pour leur plus grande part à l'état originel dans le lait sous forme de micelles.

Les micelles sont des agrégats hétérogènes formés des polymères des différentes fractions caséiniques et associés, sous forme de complexes, à plusieurs sels minéraux dont le plus représentatif est le phosphate de calcium. La forme des micelles est subsphérique : leur diamètre moyen varie entre 30 et 300  $\mu\text{m}$  (celui-ci varie avec l'espèce), la race et le stade de lactation et se situe pour le lait de vache entre 80 et 100  $\mu\text{m}$ .

La structure des micelles est mal connue. De nombreux modèles ont été proposés ces dernières années ; le plus récent place la caséine K aux points d'articulations d'un réseau formé de polymères de caséine A et B. Entre les mailles du réseau protéique se trouve fixé le phosphate colloïdal.

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

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

La charge électrique des micelles du lait frais est fortement négative. Ce caractère résulte de la présence de nombreux groupements COO, correspondant aux acides aminés dicarboxyliques constituant en particulier la caséine Kappa. Les micelles peuvent être assimilées à de gros ions chargés négativement, leur dispersion dans le lactosérum résulte de la forte répulsion électrostatique qui s'exerce entre particules voisines.

Le degré d'hydratation des micelles est élevé : 1 g de protéines fixe environ 2,5 g d'eau. Ce caractère très hydrophile de la micelle correspond à la présence à sa périphérie d'une couche d'eau liée, étroitement fixée aux protéines, et d'une couche d'eau d'hydratation à structure moléculaire plus lâche, et moins orientée. Ces enveloppes d'eau contribuent à stabiliser fortement la micelle ;

Les sels minéraux, notamment Ca et P, se trouvent dans le lait sous des formes variées que l'on a coutume de classer en formes solubles et insolubles ou colloïdales.

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

## 1. Coagulation par voie acide

Le mécanisme de la coagulation acide est de nature électrochimique.

L'acidification entraîne une chute du degré de dissociation des groupements acides (COO, PO<sub>3</sub>H) du phosphocasinat de calcium. Les ions H<sup>+</sup> libérés par l'acidification neutralisent progressivement les charges électrochimiques négatives. La répulsion électrochimique, entre les micelles, diminue au fur et à mesure de l'enrichissement du milieu en ions H<sup>+</sup>, puis disparaît. A la température ambiante, les micelles commencent à s'agréger à pH 5,2. Lorsque le pH isoélectrique de la caséine est atteint (pH 4,6), il y a floculation totale.

La coagulation acide est fortement dépendante de la température : au-dessus de 5°C, pour des températures croissantes du lait, la floculation apparaît à des valeurs d'acidité de plus en plus basses.

En fromagerie classique, l'acidification du lait est réalisée par voie biologique par l'intermédiaire de bactéries lactiques dont la caractéristique métabolique dominante permet la transformation du lactose en acide lactique.

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

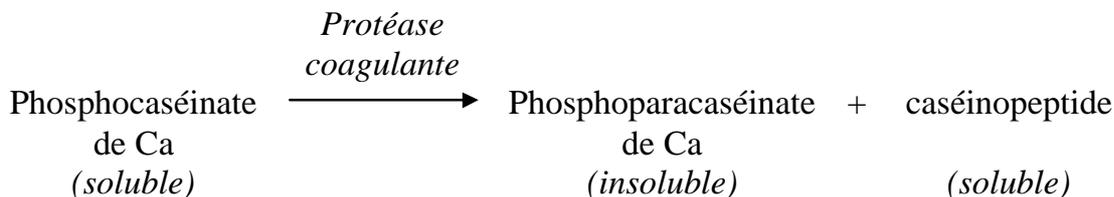
- ✍ les STREPTOCOCCACEAE, bactéries sphériques se présentant à l'examen microscopique sous forme de chaînes plus ou moins longues ;
- ✍ les LACTOBACILLACEAE, bactéries allongées en forme de bâtonnet.

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

Dans le cas du Beaufort, la présure apporte une grande quantité d'enzymes. La coagulation est donc majoritairement enzymatique.

## 2. Coagulation par voie enzymatique

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



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

La perte du pouvoir protecteur est liée au fait que l'hydrolyse prive la micelle des groupements chimiques stabilisateurs présents sur la caséine Kappa ; il s'agit de fonctions hydrophiles conférant l'hydratation et de fonctions acides apportant la charge électro-négative à la micelle et responsables de sa stabilité native.

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

- ☞ une phase dite primaire qui correspond à la réaction d'hydrolyse proprement dite de la fraction Kappa.

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

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

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

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

La phase secondaire est un phénomène dynamique qui se traduit par une modification importante des propriétés physiques du lait. Dans les premières minutes suivant l'apport de l'enzyme coagulante dans le lait, une diminution de la viscosité du lait apparaît. Elle s'explique par la diminution de la dimension moyenne des micelles consécutive à leur hydrolyse spécifique. Lorsque l'agrégation des micelles devient prépondérante sur la réaction d'hydrolyse, la viscosité s'accroît progressivement avec l'augmentation de la taille des agrégats formés et conduit à la formation d'une structure continue : le gel. Un point privilégié de cette évolution est la floculation qui correspond au moment où les agrégats deviennent visibles par l'œil humain.

L'utilisation d'enzyme nécessite une bonne maîtrise de leur activité.

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

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

### 3. Origine de la présure

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

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

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

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

- ✍ une activité élevée sur la caséine Kappa qui conduit à la déstabilisation micellaire au cours de la phase de coagulation ;
- ✍ une activité faible de protéolyse générale sur les différentes fractions caséiniques qui intervient essentiellement pendant l'affinage du fromage.

Le pH optimum d'activité coagulante de la présure sur le lait est voisin de 5,5. Au pH du lait frais (pH 6,65), l'activité est modérée. L'activité des levains lactiques va acidifier le lait et ainsi, faciliter l'action des enzymes de la présure.

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

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

Dans le cas du Beaufort, le fromager ajoute de la présure préparée selon une méthode ancestrale (caquette de veau macérée dans la « recuite ») qui apporte aussi les levains lactiques.. Le lait est chauffé jusqu'à une température de 33°C, ce qui permet une meilleure maîtrise du caillage.

Les gels formés par voie enzymatique possèdent des propriétés rhéologiques caractéristiques : ils sont élastiques et peu friables. Leur raffermissement est rapide et important par comparaison au gel lactique. Leur porosité est bonne, mais leur imperméabilité est forte. Leur aptitude à l'égouttage est prononcée sous réserve de rompre leur imperméabilité caractéristique par des traitements physiques et chimiques adéquats, pendant la phase d'égouttage.

En pratique fromagère, le suivi de l'évolution de la fermeté est très important dans la mesure où il intervient dans la détermination du déclenchement des opérations d'égouttage.

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

Macroscopiquement, l'égouttage se traduit par une élimination importante de lactosérum et s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement du gel. Bien que la plus grande partie de l'eau constitutive du lait soit éliminée lors de l'égouttage, ce dernier n'est pas une simple déshydratation. La plus grande partie des éléments solubles du lait (lactose, sels minéraux) et quelques fractions insolubles mineures (azote, matière grasse) est en effet expulsée du gel conjointement à l'eau. A l'opposé, la presque totalité de la caséine et de la matière grasse se retrouve dans le fromage sous forme plus ou moins concentrée en fonction de la teneur en lactosérum résiduelle. Quantitativement, la matière sèche d'un litre de lait de vache (125 g/l) se trouve ainsi répartie pour moitié dans le fromage, l'autre moitié se retrouvant dans le lactosérum. Cette répartition des composants du lait lors de l'égouttage est sensiblement constante pour un type de fromage donné. Elle se définit en pratique fromagère par la notion de rendement fromager. Il correspond à un poids de fromage fabriqué à partir d'une quantité connue de lait, et rapporté à 100% ou 100 kg de lait.

Le phénomène d'égouttage résulte à la fois d'un processus actif correspondant à un pouvoir de contraction du gel appelé synérèse et d'un processus passif résultant de la porosité et de la perméabilité du coagulum.

Dans le cas du Beaufort, le processus de fabrication présente 3 types d'égouttage :

- ✍ le tranchage ou décaillage ;
- ✍ le brassage ;
- ✍ le chauffage ;
- ✍ le pressage.

## **B. Le décaillage**

A l'aide du « tranche-caillé », le fromager découpe le caillé obtenu en petits grains (dont la taille va d'un grain de blé à celle d'un grain de maïs), afin d'accroître la surface d'exsudation du lactosérum.

L'emploi de lait gras impose un décaillage en grains plus fins que d'autres fromages à pâte cuite (Comté, Emmental). Une étude effectuée dans trente fromageries (*Chamba, 1988*), montrent que ceux-ci ont un diamètre moyen de 2,45 mm contre 3,05 mm pour l'Emmental.

### **C. Le brassage et la cuisson**

Le brassage consiste à agiter modérément dans le lactosérum les grains de caillé obtenus lors du tranchage, afin de maintenir libres les surfaces d'exsudation créées par le découpage.

A l'état statique, ces grains ont une tendance marquée à se ressouder spontanément d'où une inhibition de l'expulsion du lactosérum. Dans le cas des pâtes pressées cuites, les fragments de gel possédant une forte tendance à la reprise en masse, le brassage doit être réalisé obligatoirement de manière continue et avec une intensité élevée en raison de leur densité accentuée.

Les grains, sont ensuite chauffés à 53-54°C et brassés constamment. Le brassage facilite la libération du lactosérum par les grains de caillé. Cette étape appelée « brassage sur le feu » parfait l'égouttage du grain. Elle permet de déshydrater le caillé qui se contracte. Ce chauffage provoque une synérèse, c'est à dire l'exsudation d'une partie du lactosérum contenu dans les grains de caillé.

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

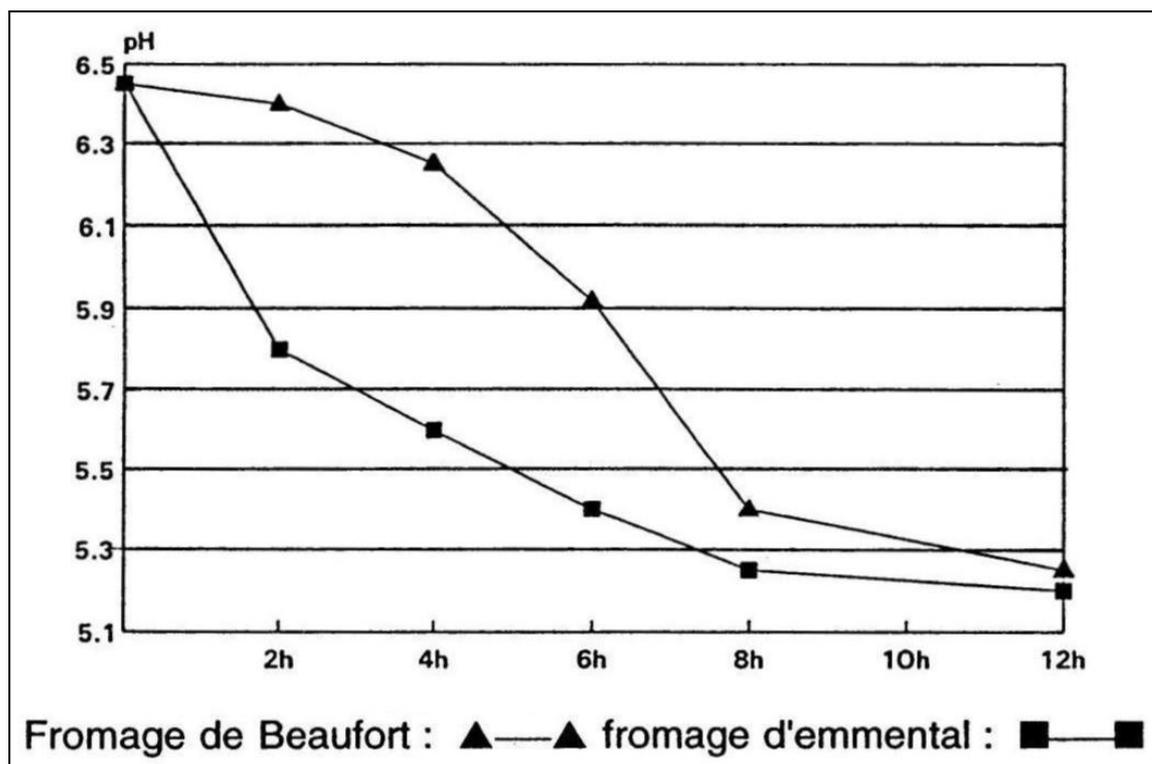
Dans tous les cas, la montée en température doit être lente et progressive ; le gradient requis étant de 1°C toutes les 2 minutes. En cas d'élévation plus rapide, une pellicule dure et étanche risque de se former à la surface du grain, ce qui ralentit la séparation du lactosérum et entrave l'agglomération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

### **D. Le moulage et le pressage**

Quand il estime que le grain est "fait", le fromager retire la masse de grain du chaudron et la recueille dans une toile de lin. Il moule et presse le fromage dans un cercle de bois, « le cercle à Beaufort », qui confère au fromage son talon concave caractéristique. Lors du moulage, on ajoute une plaque bleue de caséine pour confirmer l'appellation d'origine. Les toiles sont changées et le fromage retourné plusieurs fois. Au bout de 20 heures de pressage, les grains de caillé sont soudés et forment une pâte homogène.

Le pressage correspond à la dernière opération mécanique de l'égouttage. Il a pour but d'éliminer les dernières portions de sérum intergranulaire et de donner au fromage sa forme définitive.

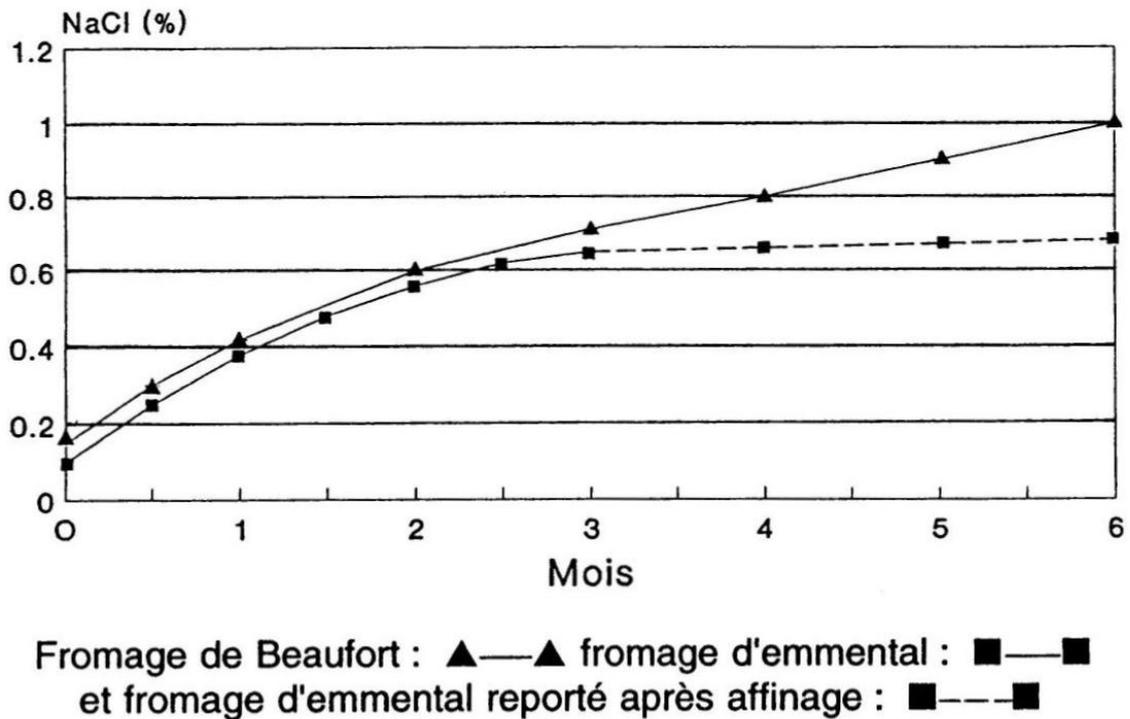
Au bout de 24 heures, les pH de l’Emmental et du Beaufort sont très voisins, de l’ordre de 5,2. Ces deux fromages, comme on peut le constater sur la figure 6, n’ont néanmoins pas la même cinétique d’acidification. En effet, il faut moins de deux heures depuis le moulage pour abaisser de 0,5 le pH de l’Emmental, alors qu’il faut 6 heures pour le Beaufort. Cette lenteur d’acidification offre une opportunité de développement aux bactéries productrices de gaz et présente donc un risque de gonflement précoce du fromage. Cependant chaque fois que des essais ont été réalisés pour accélérer l’acidification sous presse du Beaufort, la fréquence de défaut de texture de la pâte, appelé « lainure », après 4 à 6 mois d’affinage a été fortement accrue. Ainsi, le Beaufort exigeant une acidification lente, il nécessite un lait d’excellente qualité bactériologique.



**Figure 6 : Acidification sous presse de l’Emmental et du Beaufort**  
(Chamba et al, 1994)

### **E. Le salage**

Alors que le salage de l’Emmental est effectué exclusivement par saumurage durant 48 heures dans une saumure saturée en chlorure de sodium (NaCl) à 12-13°C et que le Comté n’est salé que par apport de gros sel sur la croûte 2 à 3 fois par semaine, on utilise les deux moyens pour le Beaufort : saumurage de 24 heures et apport de gros sel. Ceci explique bien la teneur en sel plus élevée du Beaufort (tableau 3) avec 8-13 grammes par kilogramme contre 3-6 grammes et 4-10 grammes, respectivement pour l’Emmental et le Comté. Ainsi, comme on peut le constater dans la figure 7, l’absorption du sel est plus prolongée pour le Beaufort que pour l’Emmental, ce dernier voyant son taux de NaCl stagner à partir de 3 mois.



**Figure 7 : Évolution de la teneur en sel de l'Emmentaler et du Beaufort au cours de l'affinage (Chamba et al, 1994)**

Après 24 heures de repos, le fromage est plongé dans un bain de saumure (solution aqueuse de sel) qui assure un premier salage.

Un premier objectif du salage est de développer la saveur du fromage. Un produit non salé est plat, au contraire, l'incorporation de 1 à 2 % de chlorure de sodium relève l'odeur et la saveur, mais peut masquer en même temps certaines composantes organoleptiques indésirables.

Le second objectif du salage est d'abaisser l'activité de l'eau ( $A_w$ ) du produit. Ce paramètre définit la disponibilité de l'eau dans un substrat. Un des objectifs du salage est précisément d'abaisser légèrement l' $A_w$  de manière à rendre le substrat (le fromage) sélectif, principalement vis-à-vis de la croissance de microorganismes. En raison d'une répartition souvent inégale du sel, soit temporaire, soit définitive, l'effet sélectif est plus marqué au niveau de la croûte du fromage que dans la masse

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

Le croûtage créé lors du salage résulte à la fois d'une déshydratation plus prononcée en surface consécutive à une osmose entre la pâte du fromage et le milieu externe porteur de sel, ainsi qu'à un effet tannant du chlorure de sodium sur les protéines.

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

## **F. L'affinage**

Il est de 5 mois minimum et peut se prolonger jusqu'à plus de 12 mois. L'affinage dure 6 mois pour le fromage de premier alpage, un an et plus pour le « hors d'âge ».

A une température inférieure à 10°C et une humidité élevée (92%), les soins du caviste succèdent à ceux du fromager. Il sale, frotte et retourne les fromages deux fois par semaine, conditions indispensables pour que se développent les arômes du fromage.

Ces conditions de température et d'humidité sont indispensables pour que la pâte demeure homogène, sans yeux.

L'affinage correspond principalement à des modifications de deux composants majeurs: protéines et matière grasse. Protéolyse et lipolyse sont les phénomènes dominants de l'affinage, elles se traduisent par de profondes modifications de la composition physico-chimique du substrat, et par voie de conséquence, de son aspect, de ses qualités organoleptiques, de sa digestibilité et de sa valeur nutritive.

Les transformations précitées se font par l'intermédiaire d'agents de maturation et principalement par les enzymes et les microorganismes. Leur activité est fortement dépendante à la fois de facteurs internes au fromage et de facteurs externes.

### **1. Enzymes intervenant dans l'affinage**

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

Les principales sources d'enzymes sont les suivantes :

#### **a) Enzymes naturelles du lait**

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

#### **b) Enzymes d'origine microbienne**

Ce sont les agents d'affinage prédominants par leur nombre et leur diversité. Ils sont produits à la fois par les microorganismes pouvant contaminer fortuitement le lait et le fromage lors de la collecte et de la transformation, et par les microflore inoculées volontairement dans le lait et sur le fromage au début de l'affinage (bactéries lactiques et non lactiques, moisissures).

Il y a lieu en particulier de souligner l'incidence majeure du traitement thermique du lait sur la destruction sélective des microorganismes et des enzymes. Pour les produits faits à partir de lait cru, comme le Beaufort, l'importance et la variété des enzymes présentes contribuent à la formation d'un fromage à composantes organoleptiques très typées.

Les bactéries propioniques interviennent dans l'affinage de plusieurs types de fromages à pâtes pressées et dures. Cette fermentation donne lieu à une production de dioxyde de carbone génératrice de l'ouverture de la pâte, les acides propionique et acétique contribuant à la formation de la saveur légèrement piquante. La faible température d'affinage du Beaufort (inférieure à 10°C contre 21-23°C pour l'Emmental et 16-18°C pour le Comté) inhibe la fermentation propionique.

Ceci a un effet sur l'intensité de l'ouverture du fromage. Le Beaufort n'a normalement pas d'ouverture ; celle-ci est plus rare et de taille plus réduite dans le Comté que dans l'Emmental, où elle peut atteindre la taille d'une petite noix.

D'autre part, cela explique une part importante des différences de teneurs en acides propionique, acétique et lactique (Berdagué et al., 1987, 1990). Ainsi, comme on peut le constater dans le tableau 3, les teneurs en acide propionique et acétique sont beaucoup plus faibles pour le Beaufort. L'arôme propionique est donc absent du Beaufort, contrairement au Comté et à l'Emmental.

### **c) Enzymes d'origine exogène**

Les protéases utilisées pour la coagulation du lait contribuent, elles aussi, de manière efficace à l'affinage. Elles ne sont pas totalement éliminées avec le lactosérum lors de l'égouttage

## **2. Les transformations du substrat pendant l'affinage**

### **a) Glycolyse**

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

### **b) Lipolyse**

La lipolyse se traduit dans une première étape par la libération des acides gras constituant les triglycérides du lait.

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

### **c) Protéolyse**

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

### **3. Modalités de l'affinage**

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

#### **a) Rôle de l'hygrométrie**

En pratique l'affinage est toujours réalisé à une hygrométrie inférieure à la saturation car une ambiance saturée entraînerait à la surface du fromage une  $A_w$  voisine de 1 qui favoriserait la prolifération d'un grand nombre de microorganismes indésirables. Ainsi, le rôle sélectif de l' $A_w$  disparaîtrait.

Le choix de l'hygrométrie doit tenir compte de la sensibilité à l' $A_w$  des catégories de microorganismes dont il convient de favoriser en surface le développement ou au contraire, de l'inhiber. D'où une hygrométrie généralement élevée (90 à 95% d'humidité relative) pour les fromages à flore bactérienne superficielle, une hygrométrie légèrement plus basse (85 – 90 %) pour ceux à flore fongique.

Pour les fromages à croûte sèche, l'hygrométrie est ajustée à une valeur faible (80 à 85%) pour limiter au maximum le développement des flores contaminantes de surface. Elle permet aussi de limiter l'évaporation de l'eau résiduelle contenue dans le fromage surtout si, comme dans le cas du Beaufort, il est affiné sur une longue période.

#### **b) Rôle de la température**

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

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

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

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

### **c) Rôle des soins**

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

Pour les fromages dépourvus de microflores de surface, comme le Beaufort, des frottages, des lavages, des brossages et des retournements réguliers sont opérés, l'affinage est réalisé sur supports rigides constitués le plus souvent de planches fixes ou mobiles.

## **V. Travaux réalisés par l'INRA pour la maîtrise de la production du fromage de Beaufort**

Les caractéristiques physiques et organoleptiques des fromages, en particulier du Beaufort, dépendent fortement des procédés de fabrication, mais elles sont aussi fonction des caractéristiques chimiques et biologiques du lait. La difficulté principale est de séparer l'effet de ces deux types de facteurs : amont et technologie

Les travaux de l'INRA ont pour objectif de fournir aux responsables des filières fromagères des éléments objectifs permettant de maîtriser les niveaux de la production de lait, de la fabrication et de l'affinage. Ceci a pour but de rehausser la qualité de l'ensemble de la production et de préserver la richesse et l'originalité des caractères organoleptiques du Beaufort.

Ainsi, l'INRA a largement accompagné la production du Beaufort depuis 1965, en s'associant aux producteurs et aux structures locales de développement agricole. Au début focalisée sur la coopérative de Beaufort-sur-Doron, la collaboration s'est ensuite étendue à toute la zone d'AOC Beaufort dans le cadre de l'Union des producteurs de Beaufort (UPB) et du GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) "Alpes du nord" piloté par le SUACI "montagne" (Service d'Utilité Agricole à Compétence Interdépartementale) à Chambéry.

### ***A. Travaux concernant le procédé de fabrication***

L'élaboration des fromages repose largement sur l'activité de microorganismes. Certains, notamment les bactéries lactiques agissent surtout en début de transformation du produit, même s'ils interviennent aussi ultérieurement et peuvent constituer les seuls agents microbiens d'affinage (cas de la plupart des fromages étrangers).

D'autres microorganismes, présents dans la majorité des fromages français, sont au contraire spécifiques de la phase de maturation. Cette flore d'affinage, composée de moisissures, de levures et/ou de bactéries se développe dans la pâte (Emmental, Roquefort), mais surtout à la surface des fromages à croûte fleurie (Camembert), lavée (Munster) ou emmorgée (Comté). Souvent qualifiée de flore secondaire, ces microorganismes ont pourtant une action spécifique de transformation des composés du fromage importante. Ils contribuent, bien plus que les bactéries lactiques, à donner à chaque produit son aspect, sa texture, son goût et son arôme propre.

La plupart de ces microorganismes d'affinage proviennent encore d'un ensemencement spontané par le lait, l'environnement ou le matériel de fabrication. Cette flore naturelle est en grande partie à l'origine de la richesse de qualités organoleptiques des produits traditionnels, de leur diversité à l'intérieur d'un type (par exemple Munster, Livarot, Pont-l'évêque, Maroilles... dans les pâtes molles à croûte lavée) et des différences existant entre un fromage industriel fabriqué avec du lait pasteurisé réensemencé avec un levain standard et un fromage AOC de bonne qualité.

Actuellement, quelques-uns seulement de ces microorganismes sont commercialisés et apportés sous forme de "levains d'affinage". La plupart viennent encore d'un ensemencement naturel de la matière première, des ingrédients ou du produit en cours de fabrication ou d'affinage, mais cette situation est en train d'évoluer : le renforcement des règles d'hygiène réduit les sources naturelles d'ensemencement, qui pourraient même disparaître si le traitement du lait (par pasteurisation ou microfiltration) devenait obligatoire. La possibilité de produire certaines de ces flores d'affinage sous forme de ferments à rajouter au lait doit par conséquent être envisagée.

La connaissance et la maîtrise de la flore d'affinage sont ainsi devenues un enjeu capital pour l'avenir des productions fromagères françaises. Le secteur artisanal en a besoin pour conserver ses fabrications traditionnelles. L'industrie fromagère est également demandeuse de microorganismes de propriétés connues, pour améliorer et diversifier les qualités organoleptiques, notamment l'arôme, de ses produits.

L'objectif des recherches conduites par l'INRA dans ce domaine est donc d'acquérir les moyens de sélectionner des souches utilisables comme levains puis de contrôler leur développement et leur activité *in situ* pour maîtriser l'affinage. Cet objectif implique de pouvoir identifier et caractériser les différents constituants de la flore microbienne d'un fromage et de comprendre le rôle et le fonctionnement métabolique des différents microorganismes. L'importance des conditions de milieu sur le développement des souches et le fait que ces flores se présentent généralement sous forme d'associations plus ou moins complexes rendent également nécessaires des approches synthétiques, considérant le fromage comme un véritable écosystème. Dans le cadre d'un programme de recherches consacré plus largement à la maturation des aliments (programme Matural), plusieurs équipes INRA se sont mobilisées pour étudier différents aspects de l'affinage, en considérant le fromage comme un "bioréacteur". Cette méthode permet de réaliser des fabrications fromagères dans un environnement stérile contrôlé (température, pH, humidité relative...). C'est un outil indispensable pour l'étude d'associations microbiennes définies.

## **B. Étude de la production du lait et de son influence sur la qualité du fromage produit**

Pour les fromages d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) comme le Beaufort, les possibilités de modifier les caractéristiques du lait au cours de la fabrication sont limitées voire interdites. Il est donc très important de connaître les conditions de production du lait et leurs conséquences sur les caractéristiques du fromage.

Depuis 1985, un programme de Recherche-Développement a été mis en place dans les Alpes du nord afin d'étudier différents volets correspondants aux principales préoccupations de l'agriculture de montagne : élevage, fromage, fourrages, alpages, milieu physique, systèmes d'exploitation. Dans un premier temps, les travaux sur le fromage (produit fini) ont été réalisés de façon séparée de ceux sur les conditions de production du lait. Mais depuis 1994, ces deux niveaux d'approche sont étudiés dans le même cadre avec pour objectif l'analyse des relations entre les conditions de production, les caractéristiques des laits et celles des fromages.

### **1. Caractérisation des animaux et de leur alimentation**

Les spécificités des vaches de race Tarine ont été étudiées dans un domaine expérimental (INRA de Marcenat, Cantal). Il a été montré que, malgré une moins bonne aptitude à la traite et une moindre précocité sexuelle que les vaches Holstein, les vaches Tarines présentent une meilleure aptitude à la marche et de meilleures performances de reproduction que ces dernières.

De plus, des travaux réalisés en 1992 ont montré que le rationnement des vaches de races locales (Abondance et Tarine), pour lesquelles il existait peu de références zootechniques, peut être effectué avec les règles générales édictées par l'INRA à partir de mesures effectuées sur des animaux Holstein.

## **2. Mise au point d'un système de traite**

L'INRA a mis au point un système de traite mécanique mobile en alpage. Celui-ci a permis que ne se tarisse pas une source précieuse de matière première et que les alpages ne soient pas abandonnés par une population qui accepte de plus en plus difficilement la rudesse des conditions de vie en montagne.

## **3. Conditions de production et caractéristiques du lait et du fromage**

Si les facteurs de variation de la composition chimique du lait liés à l'animal et à son régime alimentaire ont fait l'objet de nombreux travaux (Sutton 1989, Hoden et Coulon 1991), il n'en va pas de même pour les facteurs agissant sur l'aptitude du lait à la coagulation et surtout sur ceux agissant sur les caractéristiques sensorielles du fromage affiné. L'influence de ces facteurs d'amont est pourtant fréquemment mise en avant par les fromagers à partir d'observations empiriques.

### **a) Aptitude du lait à la coagulation**

Elle prend en compte le temps de raffermissement et de la fermeté du gel (caillé) mesurés à l'aide d'un Formograph.

Des travaux réalisés en domaine expérimental ont montré que l'aptitude du lait à la coagulation des vaches Montbéliardes et Tarines était supérieure à celle du lait de vaches Holstein.

La fermeté du gel dépend en tout premier lieu du taux protéique, source de 72% de la variabilité observée, et donc des principaux facteurs de variation de celui-ci : stade de lactation moyen du troupeau et pratiques alimentaires influant sur le niveau des apports énergétiques.

La variabilité de la fermeté du gel est également liée à la saison. Ainsi, pour un même taux protéique, les laits d'été conduisent à des gels plus fermes, vraisemblablement en raison de leur teneur plus élevée en calcium.

### **b) Caractéristiques des fromages affinés**

Étudier la qualité d'un fromage et ses causes de variation nécessite avant tout de disposer d'outils permettant de décrire de façon fiable et reproductible. La qualité d'un fromage englobe des aspects nutritionnels, sanitaires et sensoriels.

La qualité sensorielle recouvre une appréciation de la présentation, de la texture, du goût et de l'odeur du fromage. La composition chimique d'un fromage peut être analysée par des méthodes instrumentales. La texture et la couleur peuvent également s'apprécier par des méthodes instrumentales (rhéologie, spectrophotométrie) mais aussi par l'approche sensorielle (descripteurs sur une grille de notation) tout comme la flaveur.

Le choix des tests rhéologiques et des descripteurs sensoriels est spécifique à chaque famille de fromage. Dans le cas du Beaufort, la grille d'évaluation sensorielle mise au point comprend dix-neuf descripteurs regroupés en quatre classes : couleur (3), odeur (4), texture (4) et goût (8) ; ainsi qu'un jugement hédonique de satisfaction globale. Pour l'appréciation de la texture, les méthodes rhéologiques ont été adaptées au Beaufort. Deux tests de compression et d'extrusion ont été retenus et permettent de mesurer la cohésion de la pâte (texture ferme, fondante et pâteuse).

Les travaux de caractérisation des fromages alpins ont été le point de départ de la mise en place de jurys d'analyse sensorielle qui sont utilisés maintenant d'une part pour évaluer périodiquement par des « profils sensoriels » la qualité des fromages de différents ateliers de production et d'autre part lors des différentes expérimentations visant à identifier les facteurs importants à maîtriser pour améliorer la qualité.

#### ✍ Effet du stade de lactation des animaux

Le stade de lactation a eu un effet important sur les teneurs en matières grasses, en protéines et en calcium dans le lait, mais pas sur le rapport caséines/protéines ni sur la teneur en phosphore. Les fromages réalisés avec des laits de début de lactation ont été plus jaunes que les autres et ont présenté un rapport gras/sec inférieur à la normale. Les fromages fabriqués avec des laits de fin de lactation ont été plus collants, plus fondants, moins fermes et moins granuleux que ceux de début ou de milieu de lactation. Leur goût a été plus intense, plus persistant, plus acide et plus amer. Globalement, ils ont été moins appréciés que les autres. Ceci est probablement dû à une protéolyse plus intense sur les fromages de fin de lactation.

#### ✍ Effet du variant C de la caséine bêta

Les laits de vaches Tarentaises ont une fréquence plus élevée du variant C de la caséine bêta (17%), celui-ci étant quasiment absent des autres races laitières françaises. Les laits de type C ont une composition chimique et une aptitude à la coagulation particulière. Ceci se traduit, lors de la fabrication, par des pertes importantes de « fines » et de matières grasses dans le sérum et des rendements fromagers moindres. Les fromages issus de l'utilisation de ce type de lait sont moins gras, leur pâte est moins souple et plus granuleuse et leur goût est plus fréquemment jugé piquant.

Le variant C ne confère donc pas de propriétés fromagères favorables au lait mais, en revanche, c'est un excellent traceur. On peut aisément le mettre en évidence dans le Beaufort par électrophorèse.

#### ✍ Effet du niveau d'alimentation azotée et de la teneur en urée du lait

Cet effet a été testé dans une exploitation privée de haute Savoie fabricant du Reblochon et les résultats peuvent être appliqués à la fabrication du Beaufort.

La suralimentation azotée provoque une augmentation de la teneur en urée du lait. Les fromages obtenus à partir de ce lait sont moins secs, leur texture a été jugée moins ferme, plus crémeuse et leur goût moins acide et moins amer.

Les fromages obtenus à partir du lait artificiellement enrichi en urée se rapprochent des fromages témoin en ce qui concerne leur goût et des fromages obtenus avec la suralimentation azotée pour la texture.

Ainsi, un excès d'urée dans le lait, qu'il soit d'origine physiologique ou exogène se traduit par un égouttage plus difficile des fromages, dû en partie à une acidification plus lente constatée lors des premières heures de moulage.

#### ✍ Effet de la nature du pâturage

Trois essais ont été récemment réalisés sur différents types de fromage (Abondance, Beaufort, Saint-Nectaire). Dans ces essais, les facteurs de variation liés aux caractéristiques et à la conduite des animaux étaient contrôlés et la technologie fromagère était semblable pour tous les traitements.

Un essai a eu lieu au cours de la période estivale chez un producteur de Beaufort. Le même troupeau a pâturé successivement deux quartiers d'un alpage caractérisés par une composition botanique des pelouses très différente. Les pelouses d'altitude moyenne présentent de nombreuses espèces sans dominance vraiment marquée, tandis que les pelouses « alpines » ont une moindre diversité avec une très forte dominance de deux espèces.

Dans cet essai, les différences concernent essentiellement la flaveur. Les Beaufort des pelouses alpines ont été plus salés, plus piquants et plus acides que ceux des pelouses moyennes. Ils ont présenté des arômes plus intenses et plus épicés.

Ces expérimentations ont montré que dans des conditions contrôlées de conduite des animaux et de fabrication fromagère, la nature du fourrage peut avoir un effet significatif sur certaines caractéristiques sensorielles des fromages. Ces effets ont été plus marqués sur les fromages alpins, soit que leur technologie soit plus favorable à l'expression de l'effet de la nature des fourrages, soit que les caractéristiques des fourrages étudiés aient été plus différentes.

Il semble que ces effets de la nature des fourrages puissent avoir différentes origines :

? une origine directe, via des composés ayant des propriétés sensorielles et présents initialement dans les fourrages.

C'est le cas des carotènes. Un pigment tel que le carotène est présent en grande quantité dans les fourrages verts et contribue à la coloration jaune des produits laitiers. Très sensible aux ultraviolets, le carotène est détruit lors du séchage et de la conservation des fourrages. Selon la saison et le type d'alimentation de la vache, la couleur du fromage varie. Ce dernier est plus jaune avec des laits de printemps qu'avec des laits d'hiver, plus jaune aussi, l'hiver, avec des laits d'ensilage d'herbe qu'avec des laits de foin et très blanc avec de l'ensilage de maïs.

C'est aussi le cas de certaines molécules spécifiques du monde végétal et ayant des propriétés odorantes reconnues à l'état concentré (terpènes et sesquiterpènes). Une plus grande abondance et diversité de ces molécules dans les fourrages de prairie naturelle se retrouvent dans les fromages. Il reste à démontrer que ces différences se traduisent en termes sensoriels ;

? une origine indirecte, via certaines espèces d'herbes qui faciliteraient le passage dans le lait de certaines enzymes susceptibles de modifier les caractéristiques du fromage.

Par ailleurs, on ne peut exclure l'hypothèse que ces différences soient liées à des microorganismes associés à des espèces botaniques ou des localisations géographiques.

L'étude de la flore et de l'entretien des prairies a permis également de mettre au point des techniques de rénovation et de conduite de l'exploitation dans le but de maintenir les potentialités fourragères des herbages, d'optimiser les modes d'exploitation possibles et, parallèlement, de préserver leur valeur paysagère.

## VI. Bénéfices tirés de la consommation du Beaufort

C'est le plus gras des fromages de la famille des gruyères avec plus de 11 grammes de lipides pour une portion de 35 grammes ( l'équivalent de 14 grammes de beurre).

100 grammes de Beaufort contiennent en moyenne 1 gramme de calcium, soit 8 fois plus que dans le lait cru ou le yaourt (35 grammes fournissent la moitié de l'apport calcique recommandé pour la Journée). C'est son procédé de fabrication qui est à l'origine de cette concentration remarquablement élevée, semblable à celle des préparations médicamenteuses.

Le Beaufort est également une importante source de protéines : 60 grammes apportent autant que 2 oeufs ou 100 grammes de viande de bœuf (plus de 26 grammes de protéines pour 100 grammes de fromage).

**Tableau 4 : Composition moyenne du Beaufort (INRA)**

|  |   |
|--|---|
| <i>Apport pour 100g (cru)</i>                  | 400 kilocalories (1672 kilojoules)<br>32.7 g de lipides<br>26.6 g de protéines<br>430 mg de sodium<br>1140 mg de calcium<br>745 mg de phosphore<br>120 mg de cholestérol<br>0.05 mg de vitamine B1<br>0.3 mg de vitamine B2<br>0.1 mg de vitamine B3<br>0.4 mg de vitamine B5<br>0.2 mg de vitamine A<br>des traces de vitamine E |
| <i>Apport pour une portion moyenne de 35 g</i> | 140 kilocalories (585 kilojoules)   |

Sa consommation est particulièrement conseillée aux adolescents, aux femmes enceintes et aux personnes âgées.

Enfin, 30 grammes de matière grasse sont présents dans 100 grammes de Beaufort. Cette matière grasse assure la souplesse, le fondant de la pâte et retient les composés aromatiques.

Même si la teneur du Beaufort en matière grasse est un peu plus élevée que les autres gruyères, le plaisir de le déguster est un gage de bonne humeur !

## Conclusion

Notre étude a permis de mettre en évidence les caractéristiques distinctives du fromage de Beaufort par rapport à d'autres fromages similaires (Comté et Emmental) :

- ? meule présentant un talon concave du au moulage suivi d'un pressage du caillé dans le « cercle à Beaufort »;
- ? absence de trous dans la pâte grâce à un taux de matière grasse supérieur au Comté et à l'Emmental et à l'absence de fermentation propionique durant l'affinage. Cette dernière est, en effet, inhibée par la faible température de l'affinage;
- ? absence de saveur propionique pour la même raison que précédemment;
- ? goût salé plus marqué obtenu par la combinaison de deux techniques de salage qui sont le saumurage et le brossage.

Le décret du 4 avril 1968 qui reconnaît l'AOC pour le Beaufort impose des règles de fabrication strictes pour conserver la typicité de ce fromage. En particulier, il délimite la zone de production du lait, fixe les caractéristiques de la matière première utilisée et du produit élaboré selon un mode de fabrication traditionnel.

De plus, la production du Beaufort bénéficie d'une approche globale et pluridisciplinaire, notamment grâce à la collaboration de l'INRA. Ceci permet, au travers de la production laitière et fromagère, d'assurer la viabilité d'exploitations agricoles. Ces dernières concourent à l'entretien des paysages de montagne, ce qui garantit le respect de l'authenticité et de la qualité du produit tout en recherchant de bonnes performances technico-économiques. Cette approche montre également le lien qui existe entre la notion de terroir et la qualité, aspect auquel le consommateur est d'ailleurs de plus en plus sensible et qui constitue un élément important de l'image de marque du produit.

# Bibliographie

- ✍ Anonyme (Page consultée le 8 octobre 2002). Index des fromages français: le Beaufort, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.fromages.com/Fromagefr/fiche.php?id=26>
- ✍ Anonyme, Les livrets du vin : fromage et vin. Hachette, Paris, 2002, 143 pages.
- ✍ Anonyme. (Page consultée le 13 octobre 2002). La traçabilité des fromages, [En ligne]. Adresse URL: <http://www.cirval.asso.fr/publication/tinternet/t20/trace.htm>
- ✍ Anonyme. (Page consultée le 8 octobre 2002). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.fao.org/DOCREP/004/X6551F/X6551F00.htm#TOC>
- ✍ Anonyme. (Page consultée le 8 octobre 2002). Le Beaufort, [en ligne]. Adresse URL : <http://perso.wanadoo.fr/ecole.des.trois.villages/page21.html>
- ✍ Anonyme. (Page consultée le 8 octobre 2002). Le Beaufort, [en ligne]. Adresse URL : <http://homeusers.brutele.be/fraichedecoupe/produits/beaufort.htm>
- ✍ Anonyme. (Page consultée le 8 octobre 2002). Page 25, [en ligne]. Adresse URL : [http://www.etab.ac-caen.fr/ecole-publique-isigny-sur-mer/Page\\_25x.html](http://www.etab.ac-caen.fr/ecole-publique-isigny-sur-mer/Page_25x.html)
- ✍ Blanc M., Chantegrelet G. (Dir.). Le fromage de Beaufort : actions et bilans en matière qualitative, économique et commerciale. Thèse d'exercice, École nationale vétérinaire, Lyon 1, 1999.
- ✍ Chamba J.F., Coulon J.B., Hauwuy A., Martin B.. Pratique d'élevage, production laitière et caractéristiques des fromages dans les Alpes du nord. INRA productions animales, 1997, 10(3), 195-205.
- ✍ Chamba J.F., Delacroix-Buchet A., Berdagué J.L., Clément J.F.. Une approche globale de la caractérisation des fromages : l'exemple du Beaufort. Sciences des aliments, 1994, 14, 581-590.
- ✍ CNIEL. (page consultée le 8 octobre 2002). Le Beaufort, [En ligne]. Adresse URL: <http://www.maison-du-lait.com/prodlait/AOC/Beaufort.html>
- ✍ Direction des journaux officiels. Décret du 19 janvier 2001 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Beaufort ». Journal Officiel, 26 janvier 2001, 22, 1386.
- ✍ INRA. (page consultée le 10 octobre 2002). Beaufort INRA, [En ligne]. Adresse URL: <http://www.inra.fr/Internet/Directions/DIC/presinra/SAQfiches/beaufort.html>

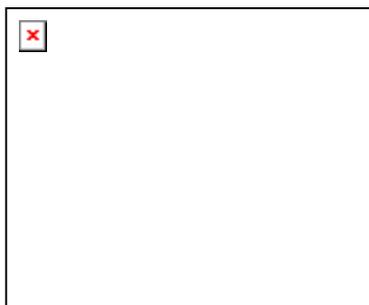
- ✍ INRA. (page consultée le 8 octobre 2002). Le fromage de Beaufort. [En ligne]. Adresse URL: <http://www.inra.fr/Internet/Produit/dpenv/scienceauquotidien/ficheshtml/08.html>
- ✍ Presse Internationale MSCOMM Itée. (Page consultée le 8 octobre 2002). Saveurs du monde présente les fromages français de A à Z - Le Beaufort - Fiche utilitaire, [en ligne]. Adresse URL : [http://www.saveurs.sympatico.ca/ency\\_5/france/beaufort.htm](http://www.saveurs.sympatico.ca/ency_5/france/beaufort.htm)
- ✍ Santé Magazine. (Page consultée le 8 octobre 2002). Santé Magazine - Le portail, [en ligne]. Adresse URL: [http://www.sante-mag.com/websante/modele\\_fiche.jsp?file=FA\\_beaufort\\_\(AOC\)](http://www.sante-mag.com/websante/modele_fiche.jsp?file=FA_beaufort_(AOC))
- ✍ SCA Les producteurs de Reblochons de Thônes. (Page consultée le 8 octobre 2002). Le Beaufort, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.reblochon-thones.com/beaufort.htm>
- ✍ Syndicat de défense du Beaufort. (Page consultée le 13 octobre 2002). Contrôle , [En ligne]. Adresse URL: <http://www.fromage-beaufort.com/aoc/control/control.htm>
- ✍ Syndicat de défense du fromage Beaufort. (page consultée le 4 octobre 2002). Syndicat de défense du fromage Beaufort, [En ligne]. Adresse URL: <http://www.fromage-beaufort.com/>
- ✍ Vincent Gay Concepts Logistiques. (page consultée le 8 octobre 2002). Le Beaufort, [En ligne]. Adresse URL: <http://www.conus.fr/beaufort.html>

# Annexe 1 :

Exemple de recettes  
à base de fromage de  
Beaufort

**Ingrédients :**

*Beaufort / cœurs d'artichauts /  
jambon label Savoie / pâte  
feuilletée / girolles ou  
mousserons / crème  
2 jaunes d'œufs*



**La tourte Aurélie**

**G**arnissez une tourtière d'une feuille métallisée beurrée.

**Y** placer une 1ère couche de pâte feuilletée.

**R**ecouvrez de lamelles de Beaufort puis de petits dés de cœurs d'artichauts cuits.

**A**ajoutez les girolles ou les mousserons et le jambon de Savoie.

**N**appez de sauce hollandaise. Nouvelle couche de pâte et nouvelle couche de Beaufort, champignons, artichauts, jambon.

**N**appez de sauce hollandaise.

**U**ne 3e couche de pâte pour fermer la tourte et badigeonnez aux jaunes d'œufs.

**C**uisez 25 mn à feu doux.

**S**ervez tiède avec un Gamay de Savoie.

**Ingrédients :**

*80 g de Beaufort / 80 g de farine  
60 g de beurre / 1/2 litre de lait  
4 œufs / noix muscade / sel /  
poivre*

**Le soufflé au Beaufort**

**F**aites fondre le beurre dans une casserole, ajoutez-y la farine, mélangez, mouillez avec le lait, salez, poivrez, râpez un peu de noix de muscade.

**F**aites cuire en remuant, dès que la préparation épaissie, retirez-la du feu et incorporez-y les jaunes d'œufs, le Beaufort râpé et les blancs battus en neige ferme.

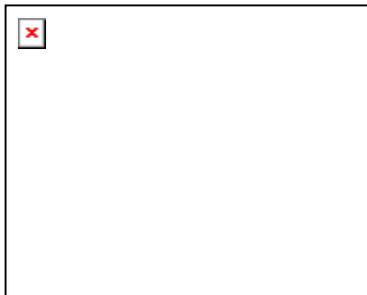
**V**ersez dans un plat à soufflé bien beurré, rempli aux 3/4. Saupoudrez de Beaufort et mettez dans un four d'abord très chaud puis plus doux.

**S**ervez aussitôt.

**A**ppréciez avec un vin de Savoie rouge :  
Mondeuse ou Gamay.

**Ingrédients :**

1 verre de vin blanc de Savoie  
pour 2 personnes  
200 g de fromage, moitié  
Emmental de Savoie moitié  
Beaufort,  
par personne 1 gousse d'ail / 1  
verre à liqueur de Kirsch / poivre  
muscade



**La fondue**

Coupez le fromage en lamelles. Coupez le pain en petits cubes. Frottez avec une gousse d'ail une casserole émaillée ou une cocotte.

Mettez le vin à chauffer : dès qu'il commence à mousser y jeter le fromage coupé en lamelles sans cesser de tourner avec une cuillère en bois. Poivrez.

Lorsque le fromage est fondu, ajoutez le Kirsch, sans cesser de tourner doucement. Dès que la préparation monte dans la casserole, il importe de la servir en la disposant sur un réchaud.

Trempez les petits cubes de pain dans la fondue et dégustez.

Accompagnez d'un vin de Savoie blanc sec.

**Ingrédients :**

500g de Beaufort / 15g de farine  
3 œufs / 1/4 litre de lait  
muscade / paprika



**La tarte au Beaufort**

Préparez une pâte brisée non sucrée que vous étalez au rouleau.

Foncez un moule à tarte beurré et faites cuire à blanc, à four chaud.

Entre temps, mélangez 500 g de Beaufort râpé avec 1/4 de litre de lait, 15 g de farine, 3 jaunes d'œuf et 2 blancs d'œuf montés en neige.

Salez, poivrez, ajoutez de la muscade et un peu de paprika.

Retirez la tarte du four, nappez le fond de sauce tomate.

Disposez de fines tranches de jambon cru de Savoie et versez par dessus la préparation au fromage.

Faites gratiner à four vif quelques minutes et servez bien chaud.

Annexe 2 :  
Décret du  
19 janvier 2001  
relatif à  
l'Appellation  
d'Origine Contrôlée  
« Beaufort »

**Textes généraux**

**Ministère de l'agriculture et de la pêche**

**Décret du 19 janvier 2001 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Beaufort »**

**NOR: AGRP0001832D**

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et du ministre de l'agriculture et de la pêche,

Vu le règlement communautaire no 2081/92 du Conseil du 14 juillet 1992 modifié relatif à la protection des indications géographiques et des appellations d'origine des produits agricoles et des denrées alimentaires ;

Vu le code rural, et notamment les articles L. 641-2, L. 641-3 et L. 641-6 ;

Vu le code de la consommation, et notamment ses articles L. 115-1 et L. 115-16 ;

Vu le décret no 88-1206 du 30 décembre 1988 portant application des lois du 1er août 1905 sur les fraudes et falsifications en matière de produits ou de services et de la loi du 2 juillet 1935 tendant à l'organisation et à l'assainissement du marché du lait en ce qui concerne les fromages ;

Vu le décret no 91-368 du 15 avril 1991 modifié portant organisation et fonctionnement de l'Institut national des appellations d'origine ;

Vu le décret no 93-1239 du 15 novembre 1993 relatif à l'agrément des produits laitiers bénéficiant d'une appellation d'origine contrôlée ;

Vu la proposition du comité national des produits laitiers de l'Institut national des appellations d'origine en date du 28 juin 2000,

Décète :

Art. 1er. - L'appellation d'origine contrôlée « Beaufort » est réservée aux fromages répondant aux dispositions du présent décret et tenant compte des usages locaux, loyaux et constants.

Les fromages bénéficiant de l'appellation d'origine contrôlée « Beaufort » sont des fromages fabriqués exclusivement avec du lait de vache entier, mis en oeuvre à l'état cru, emprésuré, à pâte souple et onctueuse, cuite, pressée et salée en saumure puis en surface, de couleur ivoire à jaune pâle, pouvant présenter quelques fines lainures horizontales et quelques petits trous (« oeil de perdrix »), en forme de meules plates à talon concave, de 20 à 70 kilogrammes, d'un diamètre de 35 à 75 centimètres, et d'une hauteur en talon de 11 à 16 centimètres, à croûte frottée, propre et solide, de couleur uniforme jaune à brune, contenant au minimum 48 % de matière grasse pour 100 grammes de fromage après complète dessiccation et dont la teneur en matière sèche pour 100 grammes de fromage ne doit pas être inférieure à 61 grammes pour 100 grammes de fromage à l'état affiné.

Un règlement d'application homologué par arrêté conjoint du ministre chargé de l'agriculture et du ministre chargé de la consommation, pris sur proposition du comité national des produits laitiers de l'Institut national des appellations d'origine, précise les modalités d'application du présent décret.

Art. 2. - La production du lait, la fabrication et l'affinage des fromages sont effectués dans l'aire géographique qui s'étend au territoire des communes suivantes :

Département de la Savoie

Arrondissement d'Albertville :

Canton d'Albertville : les communes de Rognaix, La Bâthie, Cevins, Saint-Paul-sur-Isère, Esserts-Blay.

Canton d'Ugine : les communes de La Giétaz, Flumet, Notre-Dame-de-Bellecombe, Crest-Volland, Cohennoz, Saint-Nicolas-la-Chapelle

Canton de Beaufort : toutes les communes.

Canton de Bourg-Saint-Maurice : toutes les communes.

Canton d'Aime : toutes les communes.

Canton de Bozel : toutes les communes.

Canton de Moûtiers : toutes les communes.

Arrondissement de Saint-Jean-de-Maurienne :

Canton de La Chambre : toutes les communes.

Canton de Saint-Jean-de-Maurienne : toutes les communes.

Canton de Saint-Michel-de-Maurienne : toutes les communes.

Canton de Modane : toutes les communes.

Canton de Lanslebourg-Mont-Cenis : toutes les communes.

Département de la Haute-Savoie

Arrondissement de Bonneville :

Canton de Sallanches : la commune de Praz-sur-Arly.

Canton de Saint-Gervais-les-Bains : partie de la commune de Contamines-Montjoie formée par les quatre alpages désignés comme suit sur le relevé cadastral : la Roselette, les Besoëns, les Tierces et les Coins.

Art. 3. - a) Le lait utilisé pour la fabrication doit provenir uniquement de troupeaux laitiers composés de vaches de races locales, tarine ou abondance soit répondant aux critères de la section principale du livre généalogique, soit ayant fait l'objet d'une authentification à partir des caractères phénotypiques reconnus.

b) Les produits d'ensilage et les autres aliments fermentés sont interdits sur l'exploitation.

L'alimentation du troupeau est assurée essentiellement par des fourrages provenant de l'aire géographique. La ration de base est constituée d'herbe pâturée durant la période estivale et de foin à volonté durant la période hivernale selon les conditions définies au règlement d'application.

L'entretien des pâturages d'alpage doit être lié à la conduite traditionnelle du troupeau en pâture ou au repos pour que les déjections soient convenablement réparties sur les parcelles pâturées.

L'épandage des fumiers et des lisiers doit répondre aux mêmes principes pour la fertilisation des prés et des prairies de fauche dans la vallée selon les modalités définies au règlement d'application.

Durant la période estivale, la complémentation des vaches laitières ne peut intervenir que de façon exceptionnelle dans les cas suivants : vèlage, appât pour la traite, incidents climatiques, mise à l'herbe et arrière-saison. La composition des aliments de complément, leurs caractéristiques et les quantités distribuées doivent être conformes aux dispositions du règlement d'application.

Durant la période hivernale, l'apport de fourrage extérieur à la zone ne peut intervenir qu'en appoint de ressources locales et selon des modalités elles-mêmes définies au règlement d'application.

© *Direction des Journaux Officiels*

Art. 4. - Le lait utilisé pour la fabrication doit provenir d'un troupeau dont la production moyenne n'excède pas 5 000 kilogrammes de lait par vache en lactation et par an.

Les conditions de traite doivent être conformes aux prescriptions du règlement d'application.

Le lait doit être apporté à l'atelier de fabrication dans les plus brefs délais après la traite ; toutefois, à la demande de la fromagerie, lorsque des réservoirs réfrigérés sont utilisés à la ferme, le lait peut n'être apporté qu'une fois par jour à l'atelier. Dans ce cas, le mélange des laits des traites différentes ne se fait qu'à la fromagerie, au moment de la mise en fabrication.

Après la fin de la traite et jusqu'à l'emprésurage, le passage du lait dans les pompes doit être limité. La fabrication du beaufort peut se faire :

- à partir de lait non refroidi, collecté dans les deux heures après la fin de la traite et emprésuré à l'arrivée à la fromagerie ;

- à partir du mélange du lait de deux traites consécutives, dans un délai maximal de vingt heures après la plus ancienne, celle-ci ayant été refroidie, la plus récente étant constituée de lait non refroidi collecté dans les deux heures.

Art. 5. - La fabrication de fromage à appellation d'origine contrôlée « Beaufort » ne peut s'exercer que dans un atelier approvisionné exclusivement avec des laits répondant aux prescriptions du présent décret, que ces laits soient destinés uniquement à la fabrication du beaufort ou partiellement à la consommation ou à la fabrication d'autres produits laitiers. Les levains utilisés pour la fabrication de beaufort sont de type thermophiles et constitués en majeure partie de lactobacilles. A une température de 32 à 35 oC, le lait caille par action de la présure comme seul agent coagulant. La recuite, additionnée de caillette, sert simultanément à la culture de ces levains lactiques et à l'obtention de la présure. Si cela est nécessaire, l'emploi en complément de présure commerciale est possible.

L'addition de tout autre produit est interdit pour la fabrication.

Dans les salles de fabrication du beaufort, la détention de tout appareil ou installation susceptible de chauffer le lait avant emprésurage à une température supérieure à 40 oC est interdite, à l'exception de la chaudière de fabrication. Le chauffage du caillé, effectué en cuve de cuivre, a pour effet de le porter à une température comprise entre 53 et 56 oC.

Avant pressage, le caillé est rassemblé dans une toile et moulé dans le cercle de bois propre au beaufort dit « cercle à beaufort ». Ce cercle particulier de diamètre réglable présente sur sa face interne un renflement circulaire dont résulte la forme concave du talon, caractéristique du beaufort. Pendant le pressage, des retournements sont pratiqués.

L'usage des matériaux traditionnels, bois et cuivre, doit se faire conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.

L'affinage des fromages est effectué pendant une période de cinq mois au minimum à compter du jour de fabrication, à une température ne dépassant pas 12 oC et une hygrométrie de 92 % au minimum. Il doit être conduit de façon à obtenir une croûte emmorgée selon les modalités définies par le règlement d'application.

De part et d'autre de la plaque de caséine bleue figurent le jour et le mois de fabrication qui doivent rester lisibles jusqu'à la commercialisation.

Art. 6. - Lorsque le fromage est vendu après préemballage, les morceaux doivent obligatoirement présenter une partie croûtée caractéristique de l'appellation ; toutefois, cette croûte peut être débarrassée de la morge. Lorsque le fromage est commercialisé après avoir été râpé, l'appellation « Beaufort » est interdite.

Art. 7. - Pour pouvoir bénéficier de l'AOC « Beaufort », les fromages doivent satisfaire aux dispositions relatives à l'agrément des produits laitiers d'appellation d'origine.

Art. 8. - Chaque opérateur tient à la disposition des services de l'Institut national des appellations d'origine tout document nécessaire au contrôle du respect des conditions de production, notamment une comptabilité journalière claire comportant les entrées et les sorties de lait et fromages ou tout autre document comptable équivalent ainsi qu'un état mensuel de sa production. Ces documents doivent satisfaire aux dispositions précisées dans le règlement d'application.

Art. 9. - Indépendamment des mentions réglementaires applicables à tous les fromages, l'étiquetage des fromages bénéficiant de l'appellation d'origine « Beaufort » doit comporter le

nom de l'appellation inscrit en caractères de dimensions au moins égales aux deux tiers de celles des caractères les plus grands figurant sur l'étiquetage.

L'apposition du logo comportant le sigle « INAO », la mention « Appellation d'origine contrôlée » et le nom de l'appellation sont obligatoires dans l'étiquetage des fromages bénéficiant de l'appellation d'origine contrôlée.

L'emploi de tout qualificatif ou autre mention accompagnant ladite appellation d'origine est interdit dans l'étiquetage, la publicité, les factures ou papiers de commerce, à l'exception :

- des marques de commerce ou de fabrique particulières ;

- des termes : « été » et « chalet d'alpage » dont l'emploi est admis dans les conditions fixées ci-après :

a) « été » pour les productions laitières de juin à octobre inclus y compris les laits d'alpage ;

b) « chalet d'alpage » pour les productions estivales fabriquées deux fois par jour en chalet d'alpage au-dessus de 1 500 mètres d'altitude, selon des méthodes traditionnelles comportant tout au plus la production laitière d'un seul troupeau dans le chalet. En plus de la plaque de caséine bleue propre au beaufort, les fromages produits selon les conditions spécifiques à l'utilisation du qualificatif « chalet d'alpage » doivent porter une plaque de caséine supplémentaire telle que décrite dans le règlement d'application.

En outre, chaque année, les fabricants qui utilisent la mention « chalet d'alpage » doivent préalablement à la montée en alpage adresser à l'Institut national des appellations d'origine un engagement de respecter les conditions de production spécifiques définies ci-dessus.

Art. 10. - L'emploi de toute indication, de tout signe, de toute dénomination de fantaisie ou de tout mode de présentation concernant le talon, susceptible de faire croire à l'acheteur qu'un fromage à pâte pressée cuite de plus de 15 kilogrammes a droit à l'appellation d'origine « Beaufort », alors qu'il ne répond pas à toutes les conditions fixées par le présent décret, est poursuivi conformément à la législation sur la répression des fraudes et sur la protection des appellations d'origine.

Art. 11. - Le décret du 12 août 1993 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Beaufort » est abrogé.

Art. 12. - Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, le ministre de l'agriculture et de la pêche et le secrétaire d'Etat aux petites et moyennes entreprises, au commerce, à l'artisanat et à la consommation sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 19 janvier 2001.

Par le Premier ministre :  
Lionel Jospin

Le ministre de l'agriculture et de la pêche,  
Jean Glavany

Le ministre de l'économie,  
des finances et de l'industrie,  
Laurent Fabius

Le secrétaire d'Etat  
aux petites et moyennes entreprises,  
au commerce, à l'artisanat  
et à la consommation,  
François Patriat

Annexe 3 :  
Diagramme de  
fabrication du  
fromage de Beaufort

# BEAUFORT AU LAIT CRU

|    |                          |         |   |
|----|--------------------------|---------|---|
| 1  | Lait                     |         |   |
| 2  |                          | Présure | « Emprésurage »<br>15 – 22 ml/100 kg lait   |
| 3  | ↓<br><b>Coagulation</b>  | ←       | « Caillage »<br>Température = 33°C<br>45 – 65 mn                                      |
| 4  | ↓<br><b>Egouttage 1</b>  |         | « Décaillage »<br>Découpe à l'aide du « tranche caillé »                              |
| 5  | ↓<br><b>Egouttage 2</b>  |         | « Brassage »<br>Température = 53-54°C   |
| 6  | ↓<br><b>Egouttage 3</b>  |         | « Chauffage »<br>Température = 53-54 °C   |
| 7  | ↓<br><b>Moulage</b>      |         | Caillé récupéré dans une toile de lin et moulé dans un cercle de bois                 |
| 8  | ↓<br><b>Marquage</b>     |         | Ajout d'une plaque bleue de caséine   |
| 9  | ↓<br><b>Egouttage 4</b>  |         | « Pressage »<br>20h   |
| 10 |                          | Saumure | C: 25 – 26 %<br>T: 10 – 15° C<br>t: 24 h  |
| 11 | ↓<br><b>Imprégnation</b> | ↻       | « Saumurage »   |
| 12 | ↓<br><b>Repos</b>        |         | « Affinage »<br>5 mois minimum<br>Température inférieure à 10°C<br>Hygrométrie = 92 % |
| 13 |                          |         | Salage, Frottage et retournement : 2 fois par semaine                                 |
| 14 |                          |         |   |
| 15 |                          |         |   |
| 16 |                          |         |   |
| 17 |                          |         |   |

Annexe 4 :  
Caractéristiques des  
principales étapes de  
fabrication du  
fromage de Beaufort

**Tableau 5 : Caractéristiques de la coagulation du Beaufort**

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

**Tableau 6 : Caractéristiques de l'égouttage du Beaufort**

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| • <b>Type</b>                        | Egouttage accéléré par tranchage, brassage, chauffage et pressage                                |
| • <b>Chronologie des traitements</b> |  |
| Tranchage                            | Tranchage en grains réguliers (? : 0,3 – 0,5 cm)   |
| Brassage                             | Agitation modérée en 3 phases:   |
|                                      | <i>1ère phase</i> : Décantation des grains après tranchage (t: 10 – 15 mn)                       |
|                                      | <i>2ème phase</i> : Montée en température à 53 – 55° C en 30 mn                                  |
|                                      | <i>3ème phase</i> : Brassage final (t: 15 – 40 mn)   |
| Moulage                              | Décantation des grains, puis extraction et moulage   |
| Pressage                             | Pressage mécanique pendant 24 h  |
| Refroidissement                      | Refroidissement avant salage (T: 10 – 15° C, t: 24 h)  |
| Salage                               |  |
| • <b>Mode</b>                        | Salage par la surface à sec (t: 10 jours) et en saumure (C: 25 – 26 % - T: 10 – 15° C - t: 24 h) |
| • <b>Taux de sel</b>                 | 1,6 – 1,8 %  |

**Tableau 7 : Caractéristiques de l'affinage du Beaufort**

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| • <b>Type</b>               | Fromage avec affinage à l'air |
| • <b>Température</b>        | 10 – 15° C                    |
| • <b>Humidité relative</b>  | 85 – 90 %                     |
| • <b>Durée</b>              | 90 – 200 jours                |
| • <b>Rendement fromager</b> | 9 – 9,5 kg/100 kg lait        |