

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**

**Université Saad Dahlab-Blida**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**En vu de l'obtention du diplôme de master**

**Domaine : Science de la nature et de la vie**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Option : Sciences Alimentaires**

**Thème :**

**Evaluation de la qualité physico-chimique, microbiologique  
et organoleptique du camembert « Président » lors du  
salage –affinage**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> LAFRI Iméne**

**M<sup>elle</sup> CHEREF Chafia**

**Devant le jury composé de :**

Mme Kouidri A.	MAA	USDB	Présidente
Mme Boutekrabt L.	MCA	USDB	Promotrice
Mme Doumandji A.	MCA	USDB	Examinatrice
Mr Hadj sadouk T	MCB	USDB	Examineur

Année 2010-2011

## Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Mme Boutekrabt L ;Maitre de conférences A à l'université de Blida \* **on vous remercie d'avoir encadré ce mémoire ,d'avoir su nous conseiller tout en me laissant travailler librement**

Mme Kouidri a ;MAA à l'université de Blida pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury.

Nos remerciements les plus sincères vont à Mme Doumandji A ;maitre de conférences A à l'université de Blida et Mr Hadj Sadok T ;Maitre de conférence B à l'université de Blida pour l'honneur qu'ils nous ont fait en examinant ce modeste travail .

Nos profonds respects pour l'ensemble du personnel de la laiterie de Beni Tamoul (L.B.T) ,ainsi qu'a tout le personnel de la production des pâtes molles .

Comme nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail .

## **Dédicaces**

Merci a ma famille a la quelle je dois cette réussite professionnelle,

### **A mes parents**

Pour avoir fait de moi ce que je suis,

Sans votre soutien à tous les niveaux, je ne serai jamais arrivée

### **A ma mère**

Pour tous ses conseils avisés.....

Et pour avoir fourni la matière première

### **A mon père**

Pour 'avoir donné cette vocation et l'amour de la science

Ta vie est un modèle

Ce travail t'est dédié ,en témoignage de mon affection

### **A mes deux frères Smail et Elyes ma sœur Isma et ma belle sœur Yasmine**

Pour avoir contribué a ma réussite ,

Pour m'avoir soutenu et avoir cru en moi

### **A tous mes ami (e) s**

Iméne

## DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail...*

*Avec une attention particulière à mes très chères parents, pour leur affection, leurs conseils et leurs encouragements et qui sans eux rien n'aurait été possible.*

*A mon mari, pour son attachement, ses chaleureux encouragements, sa vive compassion à ma réussite et surtout pour sa compréhension et sa patience.*

*A ma sœur Lamia et mon frère Chrifou à qui je souhaite pleins de succès.*

*A ma belle famille qui m'a soutenu et encouragé*

*A ma grand-mère pour son amour et son affection.*

*A la mémoire de mon grand père qui m'a toujours souhaité la réussite que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mon binôme Imene que j'aime et j'estime beaucoup.*

*Enfin, à tous ceux qui m'aiment et ceux qui m'ont aider pour en arriver là. Chafia*

# Sommaire

	<b>Pages</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
 <b>Synthèse bibliographique</b>  	
<b>Chapitre I : Le fromage</b> .....	<b>2</b>
I .Définition .....	2
II. Microbiologie des laits fermentés et des fromages.....	2
II.1.Généralités.....	2
II.1.1.Principe de fabrication.....	2
II.1.2.Principes généraux de la technologie fromagère.....	3
II.1.3.Divers types de fromages.....	4
III. Le fromage à pâte molle type Camembert.....	5
III.1.Caractéristiques et valeur nutritionnelle.....	5
III.1.1.Définition.....	5
III.1.2.Histoire du camembert.....	5
III.1.3.Valeur nutritionnelle.....	6
III.1.4.Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert.....	6
III.1.4.1.Lait.....	6
III.1.4.2.la matière grasse laitière anhydre ( MGLA ).....	7
III.1.4.3.L'eau de reconstitution.....	7
III.1.4.4.Les ingrédients.....	7
III.2.les étapes de la fabrication.....	8
III.2.1.Nature de la matière première.....	8

III.2.2.traitements préliminaires du lait .....	9
III.3.le processus technologique de la fabrication du camembert.....	9
III.3.1.Préparation du lait.....	9
III.3.1.1.Standardisation .....	9
III.3.1.2.Homogénéisation .....	9
III.3.1.3.Pasteurisation.....	10
III.3.2.Ensemencement et maturation.....	10
III.3.3.La préparation proprement dite.....	10
III.3.3.1.Emprésurage.....	10
III.3.3.2.Coagulation.....	10
III.3.3.3.Moulage.....	10
III.3.3.4.Egouttage.....	10
III.3.3.5.Démoulage.....	10
III.3.4.les étapes de finition du fromage.....	10
III.3.4.1.salage.....	11
III.3.4.2.Ressuyage.....	11
III.3.4.3.Affinage.....	11
III.3.4.5.Conditionnement et commercialisation.....	11
III.4.défauts et accidents de fabrication des fromages à pate molle.....	11
III.4.1.défauts de texture.....	11
III.4.2.Défauts d'aspect et de croutage.....	12
III.4.3.Défaut de saveur et d'arome.....	12
III.4.4.Autres défauts de flaveur.....	12
<b>Chapitre II : Salage-affinage .....</b>	<b>14</b>
I. Caractéristiques et évaluation de la phase du salage.....	14

I.1.Le salage et son rôle.....	14
I.2.Différents types de salage.....	14
I.2.1.Le salage à sec.....	14
I.2.2.Le salage par immersion ou en saumure.....	14
I.3.Objectifs du salage.....	15
I.4.Les sels utilisés.....	18
I.5.Conclusion pour les différents fromages.....	19
II. Caractéristiques et évaluation de la phase affinage.....	19
II.1.les facteurs de variation de l'affinage.....	20
II.1.1.l'aération et la composition de l'atmosphère.....	22
II.1.2.L'activité de l'eau .....	22
II.1.3.la température.....	23
II.1.4.Le Ph.....	23
II.2.les modifications biochimiques au cours de l'affinage.....	24
II.2.1.fermentation du lactose.....	24
II.2.2.Hydrolyse de la matière grasse : la lipolyse.....	24
II.2.3.la protéolyse.....	25
II.2.3.1.Mécanismes général de la dégradation .....	27
II.2.3.2.enzymes protéolytiques et leurs actions.....	27

## **Matériel et méthodes**

<b>Chapitre I : .....</b>	<b>28</b>
I.1.- :présentation de l'unité d'accueil .....	28
I.2. Caractéristiques techniques des fromages fabriqués à la laiterie LBT .....	29
II. Matériels et méthodes .....	31
II.1.matériels.....	31

II.1.1.Appareillage.....	32
II.1.2.Le sel utilisé.....	35
II.1.3.Equipement du laboratoire.....	37
II.1.4.Autre matériel.....	37
II.2.Méthode.....	38
II.2.1.L'échantillonnage.....	38
II.2.2.Vérification du taux de sel sur le fromage.....	38
II.2.3.Prélèvement et préparation des échantillons.....	39
III. Analyses physico-chimiques.....	39
III.1.Détermination du pH.....	39
III.1.1.Principe .....	39
III.1.2.Mode opératoire .....	39
III.2.Détermination du taux de la matière grasse.....	40
III.2.1.Principe.....	40
III.2.2.Mode opératoire.....	40
III.2.3.Expression des résultats.....	40
III.3.Détermination de l'EST.....	41
III.3.1.Principe.....	41
III.3.2.Mode opératoire.....	41
III.3.3.Expression des résultats.....	41
III.4.Détermination du taux de chlorure.....	<b>41</b>
III.4.1.Principe.....	41
III.4.2.Mode opératoire.....	42
III.4.3. Expression des résultats.....	42
IV. Analyses microbiologiques.....	43
IV.1. But du contrôle.....	43
IV.2. L'échantillonnage.....	43

IV.3. Les différents germes recherchés.....	43
IV.3.1 : Recherche et dénombrements de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	44
IV.3.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	44
IV.3.3. Recherche et dénombrement des <i>Streptocoques</i> du groupe« D 45	
IV.3.4. Recherche e t dénombrement des <i>Clostridium</i> s sulfite réducteurs (J.O.R.A, 1998).....	46
IV.3.5. Recherche et dénombrement des levures et des moisissures(J.O.R.A 1998).....	47 V.
Résultats et discussion.....	48
V.1. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques du camembert .....	48
V.1.2 : Suivi de la conservation du camembert après maîtrise du salage.....	49
V.1.2.a : Extrait Sec Total.....	50
V.1.2.B : matière Grasse (MG%).....	50
V.1.2.c : PH.....	51
V.1.2.d. Taux de chlorures (%).....	52
V.2. Résultat des analyses microbiologiques.....	53
V.2.1. Résultats des analyses microbiologiques du camembert.....	53
V.2.2 : Suivi microbiologique du camembert lors d'affinage.....	53
V.3 : Analyses sensorielles.....	55
3.1 : La couleur.....	56
3.2 : L'odeur .....	56
3.3 : Le gout .....	57
3.4 : la texture.....	57
3.5 : l'aspect.....	58
3.6 : l'appréciation globale.....	58
Conclusion.....	59

Références bibliographiques

Annexes

## Liste des tableaux

Tableau 1: les grandes transformations biochimiques au cours de l'affinage.....	20
Tableau 2 : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du Camembert.....	21
Tableau 3 : Les différents types de Camembert fabriqués au niveau de l'unité de LBT.....	29
Tableau 4 : Méthode d'échantillonnage par vérification du taux de sel sur le fromage.....	
Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques au stade (j=0).....	
Tableau 6 : Résultats d'analyses physico-chimiques du Camembert après réglage.....	48
Tableau 7 : Résultats des analyses de l'extrait sec (%).....	49
Tableau 8 : Résultats des analyses de la matière grasse.....	50
Tableau 9 : Résultats des analyses du PH.....	51
Tableau 10 : Résultats des analyses du taux de sel.....	52
Tableau 11 : Résultats des analyses microbiologiques du camembert au temps (j=0).....	53
Tableau 12 : Résultats de suivi des analyses microbiologiques du camembert au cours de l'affinage	
Tableau 13 : Résultats de l'analyse organoleptique.....	55

## Liste des figures :

### Partie théorique

- Figure 1** : La diversité des fabrications fromagères.....4
- Figure 2** :Influence de l'activité de l'eau sur les réactions de transformations des aliments ..... 17
- Figure 3** : Abaque donnant une estimation directe de l'activité de l'eau (aW). 23
- Figure 4** : Evolution du PH au cours de la maturation du Camembert..... 24
- Figure 5** :Evolution de la protéolyse et de la lipolyse au cours de l'affinage d'un fromage a pate molle de type camembert..... 26
- Figure 6** :Représentation schématique des changements ayant lieu lors de l'affinage d'un fromage à pate molle en fonction des gradients de concentration qui s'installent..... 27

### Partie expérimentale

- Figure 07** :Le diagramme de fabrication du camembert..... 31
- Figure 08** : Emprésurage..... 33
- Figure 09** :Tranchage..... 34
- Figure 10** :Démoulage..... 35
- Figure 11**:le saloir..... 35
- Figure 12** : La saleuse..... **36**
- Figure13** : Lit de sel.....36
- Figure14** : Rouleau de sel..... 37
- Figure 15**:Séchage.....49
- Figure 16**:Affinage.....50
- Figure 17**:Evolution de l'extrait sec total (%) au cours de la conservation.....
- Figure 18**:Evolution de la matière grasse au cours l'affinage.....

- Figure 19:** Evolution de PH au cours de l'affinage.....
- Figure 20:** Evolution de taux de sel (%) au cours de l'affinage.....
- Figure 21:** Résultats de l'évaluation de la couleur par le jury de dégustation
- Figure 22:** Résultats de l'évaluation de l'odeur par le jury de dégustation
- Figure 23:** Résultats de l'évaluation du gout par les dégustateurs
- Figure 24:** Résultats de l'évaluation de la texture par les dégustateurs
- Figure 25:** Résultats de l'évaluation de L'aspect par les dégustateurs
- Figure 26:** Résultats de l'évaluation de L'appréciation globale par les

## Liste des abréviations

- AFNOR : Association Française de normalisation.
- C° : Degré Celsius.
- DLC : Date limite de consommation.
- EST : Extrait Sec total.
- LBT : laiterie de Béni Tamou.
- MG : Matière Grasse.
- ml: millilitre .
- NF :Norme française.
- Ph :potentiel d'hydrogène.
- SFB :bouillon d'enrichissement au sélénite et la cystéine.
- V :volume.
- % :Pourcentage.
- g :Gramme

## Résumé:

Il existe une très grande variété de fromages dans le monde, élaborés selon une technique de base commune. Parmi ces variétés, le camembert est considéré comme l'un des fromages les plus consommés et appréciés.

Notre travail a porté sur l'influence du taux de sel sur les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques du fromage à pâte molle type « camembert » (PRESIDENT) lors de l'étape de salage - affinage.

Les analyses physico-chimiques (matière grasse (MG), taux de sel(TS), Ph et extrait de sec total (EST) ont démontré des résultats non conformes aux normes fixées par la laiterie : MG (g/l):19l vs 21; TS(%):1.3 vs 1.4; EST(%):42.26 vs 43.47; PH:4.23 vs 4.1.

Les analyses microbiologiques (recherches des germes : Coliformes totaux, Coliformes fécaux, staphyloques aureus streptocoques du groupe D,Clostridium sulfuto-réducteurs et Levure et moisissures ) ont montré l'absence total des germes

Des essais d'amélioration des techniques d'homogénéisation du sel sur le fromage par une augmentation de la fréquence du rouleau de sel de la saleuse ont été réalisés. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques ont subi des améliorations sensibles et les valeurs observées ont étaient conformes aux normes établis par l'unité.

Les tests de dégustation effectués ont largement démontré l'influence du sel sur les caractéristiques sensorielles et organoleptiques du produit .

Les mots clés : Camembert, salage, affinage, saleuse, rouleau de sel.

## Summary

Milk is a food of choice in the daily diet of man seen its balanced content of basic nutrients (proteins, lipids and carbohydrates), it is rich in calcium and its considerable contribution in vitamins (A, B2, B5 and B12) and various minerals.

There are a wide variety of cheeses in the world, developed from a common basic technique. Among the varieties, Camembert is considered one of the most consumed cheese and appreciated.

Our work has focused on the influence of salt content on the physico-chemical, microbiological and organoleptic qualities of soft cheese such as "camembert" (PRESIDENT<sup>R</sup>) during the step of salting and ripening.

The physico-chemical analysis (fat (MG), amount of salt (TS), Ph and total dry extract (TSE) have shown the results do not conform to standards set by the dairy: MG (g/l): 19l vs 21; TS (%): 1.3 vs 1.4; IS (%): 42.26 vs 43.47; Ph= 4.23 vs 4.10.

Microbiological (germs Research: Total coliforms, fecal coliforms, staphyloques aureus group D streptococci, Clostridium sulfuto-reducers and yeast and molds) showed the presence of some fecal coliform.

Testing techniques to improve homogenization of salt on the cheese by increasing the frequency of the roll of the salt spreader has been made. The physico-chemical and microbiological experienced significant improvements were observed and the values were in accordance with standards established by the unit. The taste tests carried out have clearly demonstrated the influence of salt on the sensory characteristics and organoleptic properties of the product.

Key words: camembert, salting, ripening, salt spreaders, salt roll.

ملخص :

الحليب هو الغذاء المفضل في النظام الغذائي اليومي للإنسان ينظر إلى محتواه من العناصر الغذائية الأساسية متوازنة (البروتينات والدهون والكاربوهيدرات) ، وهو غني بالكالسيوم ومساهماتها الكبيرة في الفيتامينات (B ، 2A ، 5B ، و 12B) والمعادن المختلفة. هناك طائفة واسعة من الجبن في العالم، وضعت من تقنية أساسية مشتركة. بين الأصناف ، ويعتبر واحدا من كاممبير الجبن الأكثر استهلاكاً والتقدير. وقد ركز عملنا على التأثير على محتوى الملح على الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية من الجبن الطري مثل "فطيرة" (الرئيس) خلال خطوة التملح والنضوج. تحليل الفيزيائية والكيميائية (الدهون (MG) ، ومقدار من الملح (TS) ، وقد أظهرت فتاه واستخراج الجافة الاجمالية (توبيكس) نتائج لا تتفق مع المعايير التي وضعتها الألبان : MG (غ / ل) : L19 : 21 ؛ TS (%) : 1.3 : مقابل 1.4 ؛ IS (%) : 42.26 مقابل 43.47 ؛ PH : 4.23 : مقابل 4.1. الميكروبيولوجية : أظهرت (الجراثيم بحوث القولونيات مجموع القولونيات البرازية، staphyloques المكورات العقدية المجموعة D، المطثية sulfuto - مخفضات والخميرة والعفن) وجود بعض القولونية البرازية. اختبار تقنيات لتحسين التجانس من الملح على الجبن عن طريق زيادة تواتر لفة من نثر الملح تم إجراؤه. وقد لوحظت في الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية تحسينات كبيرة من ذوي الخبرة والقيم وفقا للمعايير التي وضعتها وحدة. وقد أثبتت الاختبارات التي أجريت طعم بوضوح تأثير الملح على الخصائص الحسية والخصائص الحسية للمنتج.

الكلمات الرئيسية : كاممبير، والتملح، النضوج، رش الملح، ولفة من الملح

## **Introduction :**

Depuis longtemps le lait est un précieux aliment, presque complet mais périssable.

Cherchant à le rendre plus au moins conservable, l'Homme a fini par découvrir que la transformation en fromage était un moyen simple pour garder les composants nutritifs du lait.

Il existe une très grande variété de fromages dans le monde, soit une vingtaine de types élaborés selon une technique de base commune.

Le camembert est considéré comme l'un des fromages les plus consommés et appréciés (Eck, 1987).

L'élaboration de produits dérivés à partir de différents laits (lait cru, lait recombinaé et lait mixte), la diversité des ingrédients nécessaires à ces fabrications (levains lactiques, moisissures, enzymes coagulantes, sels, etc...), ainsi que les procédés de fabrication utilisés, constituent autant de paramètres qu'il est nécessaire de maîtriser pour arriver à l'obtention de produits répondants aux normes souhaitées.

L'industrie fromagère doit veiller au respect, à la fois, de normes d'hygiène de plus en plus strictes et de la qualité organoleptique recherchée par les consommateurs. Pour satisfaire ces conditions, il est indispensable de maîtriser la matière première, mais également le processus de transformation du lait en fromage et notamment le salage qui donne le goût caractéristique du fromage et l'affinage qui constitue l'une des étapes clés du processus de fabrication. L'affinage résulte principalement de l'action de différents micro-organismes qui participent à la transformation du caillé en fromage.

Le présent travail se veut être un reflet d'un stage que nous avons effectué à la laiterie de Beni Tamou. Il porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique du camembert (PRESIDENT) lors du salage jusqu'à l'affinage.

Ainsi nous avons dans une première partie réalisé les éléments théoriques nécessaires à la compréhension du thème. Puis le travail pratique à savoir les analyses physico-chimiques et microbiologiques.

## Chapitre I: Le fromage

### **I. Définition :**

Selon la norme CODEX , le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéine de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait (Carole et Vignola, 2002).

### **II. Microbiologie des laits fermentés et des fromages:**

#### **II.1. Généralités**

Le lait peut être transformé, par des actions enzymatiques ou microbiennes, en produits ayant acquis de nouvelles qualités alimentaires et organoleptiques et présentant une conservation accrue. On appelle lait fermenté, un lait pasteurisé, transformé seulement par l'action des micro-organismes et ne subissent pas d'égouttage: yaourt ou yoghourt, kéfir, lait acidifié. On appelle fromage un produit obtenu par égouttage, après coagulation du lait par la présure ou une protéase apparentée : un fromage peut être fermenté ou non (Guiraud, 2003).

##### **II.1.1. Principe de fabrication**

La transformation de la caséine joue un grand rôle dans l'élaboration de ces produits. Dans tous les cas, il y a coagulation de la caséine ("caillage"). Cette

coagulation est suivie d'une dégradation plus ou moins poussée. Elle peut être obtenue de plusieurs façons (Guiraud, 2003).

#### *-Action d'une flore lactique*

C'est le cas des laits fermentés. Le lactose du lait est transformé en acide lactique : la coagulation se produit à pH 4,6. Le coagulum est pulvérulent

S'émiette facilement mais s'égoutte très difficilement. Cette action peut être spontanée ou induite par un levain lactique.

Selon le cas, un fromage est fabriqué avec du lait cru ou thermisé (traitement thermique limité) ou avec du lait pasteurisé. Dans le cas du lait pasteurisé, le levain est nécessaire, dans les autres cas, s'il y a utilisation d'un levain, celui-ci sera confronté à la flore autochtone (Guiraud, 2003).

#### *- Action de la présure*

La présure est une enzyme de la caillette (partie stomacale) du veau obtenue par macération. Cette présure est rajoutée artificiellement à des taux variables ; elle agit au pH du lait et donne un coagulum formé de phospho-caséinate. Ce coagulum est souple, élastique, imperméable, rétractile : l'expulsion de sérum s'effectue rapidement. La présure peut être remplacée par des enzymes microbiens (à partir du *Mucor miehei*, *Mucor pusillus*, etc.). Les fromages " frais" non fermentés sont fabriqués par la seule action de la présure.

#### *-Action combinée de la présure et de la flore lactique*

Selon l'action relative des deux procédés, on obtient un caillé ayant des caractéristiques différentes et qui perd plus ou moins facilement son eau et sels minéraux. C'est le cas de la plupart des fromages fermentés (Guiraud, 2003).

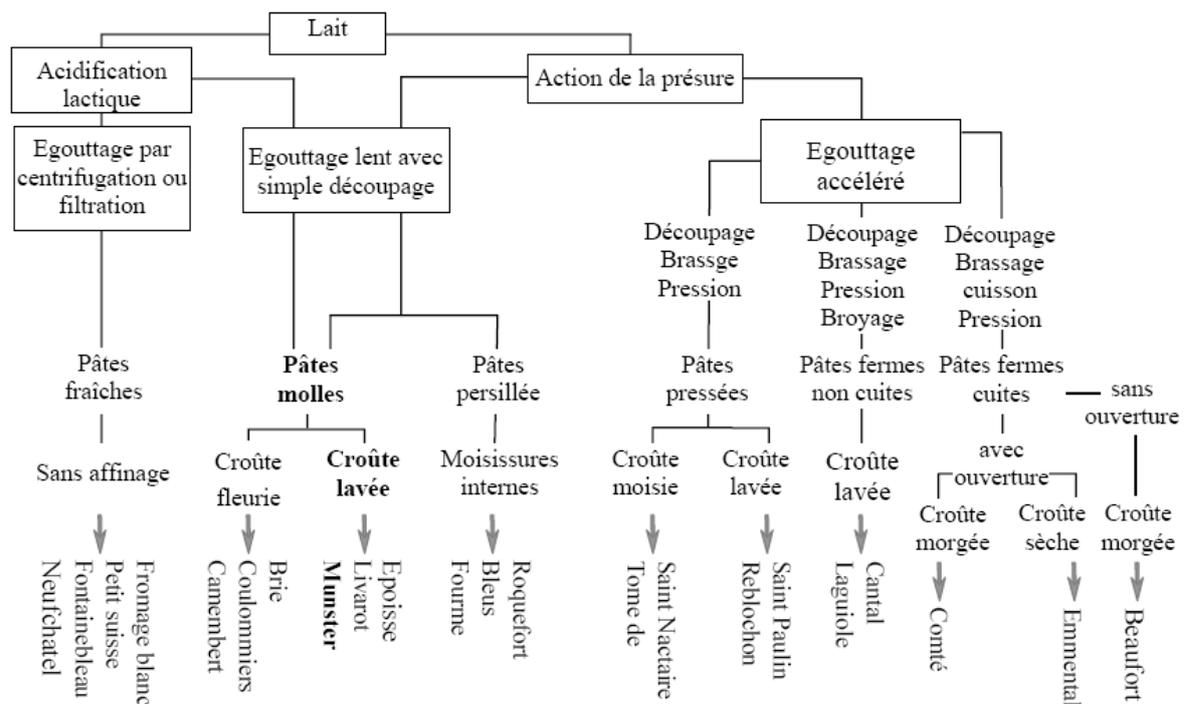
### **II.1.2. Principes généraux de la technologie fromagère:**

Le fromage correspond à une véritable conserve alimentaire, obtenue grâce au jeu croisé de l'élimination plus au moins poussée de l'eau du lait et de la récupération

des matières sèches. Selon Brûlé *et al.* (1997), la transformation du lait en fromage comporte trois étapes principales :

- La coagulation du lait qui correspond à des modifications physicochimiques des micelles de caséines sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) de l'acide lactique, entraînant la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel,
- L'égouttage du caillé qui assure une déshydratation partielle du gel, obtenu par séparation d'une partie du lactosérum,
- L'affinage qui se caractérise par des transformations biochimiques des constituants du caillé, essentiellement sous l'action d'enzymes microbiennes.

Dans la plupart des fabrications, entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par action sur l'activité de l'eau. Selon les paramètres mis en oeuvre au niveau des différentes étapes de transformation du lait en fromage, une grande variété de produits peut être obtenue tel que traduit par Lenoir *et al.* (1985) à la **figure 1**.



**Figure 1** : La diversité des fabrications fromagères (Lenoir *et al.*, 1985).

### **II.1.3. Divers types de fromages :**

En fonction des diverses opérations, on distingue plusieurs types de fromages.

#### *-Fromages frais ou à pâte fraîche*

Ce sont des fromages à égouttage obtenus par centrifugation ou filtration. Ils subissent essentiellement une fermentation lactique (cependant il y a souvent une légère action de la présure) et ne sont pas affinés. Leur humidité est élevée (70 à 75%). Ils sont obtenus avec des laits pasteurisés (sauf dérogations) et sont conservés au froid (exemples : petit-Suisse, fromage Demi-sel, etc.).

#### *-Fromages à pâte molle*

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée : l'égouttage est lent et réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage. Leur humidité est moyenne (50 à 55%). Leur conservation est améliorée par le froid. On distingue :

- Les fromages à pâte molle « moussée », généralement à croûte moisie (Camembert, Brie, Carré de l'Est, etc.) ;
- Les fromages à pâte molle et à croûte lavée (Munster, Livarot, Pont-l'Évêque, etc.) ;
- Les fromages à pâte molle persillées (à moisissures internes) (Roquefort et autres « bleus », etc.).

#### *-Fromages à pâte pressée*

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, et qui sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression. Leur humidité est moyenne (45 à 50% pour les pâtes non cuites) ou faible (35 à 40% pour les pâtes cuites ou très brassées). Leur conservation est améliorée par le froid. On distingue :

- Les fromages à pâte ferme non cuite (pâte pressée et broyée) (Cantal, etc.) ;
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte lavée (St Paulin, Reblochon, etc.) ;
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte moisie (St Nectaire, Tomme de Savoie, etc.) ;
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte artificielle (Edam, etc.) ;

- Les fromages à pâte pressée cuite avec ouverture (Emmenthal, Comté, etc.) ;
- Les fromages à pâte pressée cuite sans ouverture (Beaufort, etc.) ;
- Les fromages à pâte pressée très dure (très brassés) (Cheddar, etc.) ;

#### *-Fromages fondus*

Il s'agit de préparations issues de la fonte de fromages généralement à pâte pressée (Guiraud, 2003).

### **III. Le fromage à pâte molle type *Camembert* :**

#### **III.1. Caractéristiques et valeur nutritionnelle :**

##### **III.1.1. Définition**

Le *Camembert* est défini comme étant un fromage à pâte molle, à caillé non divisé en forme de cylindre plat. Il a un diamètre de 10 à 11 cm et une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et 110 g de matière sèche.

C'est un fromage affiné à moisissures superficielles, originaire de Normandie (France). (Veisseyre, 1975)

##### **III.1.2. Histoire du camembert:**

Le camembert est un [fromage industriel](#) français à [pâte molle à croûte fleurie](#). Fromage parmi les plus consommés en France, il est devenu, avec la [baguette de pain](#) et le [béret](#), le symbole de la France pour les étrangers.

Au lait de vache, il peut aussi être au lait de chèvre ou issu d'un mélange des deux laits. Le suivi de la recette d'élaboration originelle de ce fromage est garanti uniquement par les laiteries qui respectent le cahier des charges de l'AOC [camembert de Normandie](#) ce qui les démarque de la simple appellation libre « camembert ».

L'histoire du fromage commence par une légende. En octobre [1790](#), [Marie Harel](#), une habitante de [Camembert](#), aurait aidé un [prêtre réfractaire](#) à échapper aux républicains. Ce curé, originaire de [Brie](#) l'aurait alors remerciée en lui révélant le secret de fabrication du fromage briard<sup>1</sup>.

Hors cette belle histoire, il existait des fromages dans cette région bien avant la naissance de cette célèbre Normande en 1761. En 1554 et 1569, le

fromage du pays d'Auge est cité. En 1708, [Thomas Corneille](#) évoque le fromage de Camembert dans un traité de géographie<sup>1</sup>. Ce fromage frais était un [lait caillé](#) écrémé et égoutté. Selon Pierre Androuët, ce caillé a été transformé par le secret de fabrication du fromage de [brie](#) et son essor économique est lié à la proximité de stations balnéaires à la mode : le fromage trouva là une clientèle de touristes qui le fit découvrir à Paris. (Anonyme I)

### III.1.3. La valeur nutritionnelle :

Selon le mode de fabrication, le camembert a une valeur nutritive plus au moins importante pour la santé de consommateur. Il présente une source importante de protéines et de calcium. La valeur nutritionnelle du camembert est représentée dans le tableau I.

**Tableau I** : La valeur nutritionnelle du camembert (Paccaline et Galantier, 1997) in Mahaut et *al.*, 2000.

<b>Composants</b>	<b>Teneur</b>
<b>Protéines</b>	20 %
<b>Lipides</b>	20 à 28%
<b>Calcium</b>	1,5 à 3,8 g/Kg
<b>Valeur énergétique</b>	11000 à 15000 Kj/Kg

### III.1.4. Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert:

#### III.1.4.1 Lait

Le lait est la matière première destinée à la fabrication fromagère. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physico-chimiques est indispensable. Cela aide à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Gaucheron, 2004). Différents laits peuvent être utilisés dans la fabrication du camembert, on distingue :

#### ❖ **Lait cru**

Le lait cru est un lait frais riche en éléments essentiels (Matières azotées, matières grasses, sucres et minéraux). De plus ce lait doit être d'une haute qualité bactériologique (Guiraud et Galzy, 1980).

#### ❖ **Lait recombinaé**

Selon le CODEX alimentarius 1996, le lait recombinaé est un mélange de lait en poudre écrémaé et de l'eau auquel est ajoutaé de la matiére grasse laitière anhydre (MGLA) ou de l'huile du beurre pour obtenir un produit ayant la composition d'un lait frais.

#### ❖ **Lait en poudre**

Les poudres de lait sont des produits résultants de l'élimination partielle de l'eau du lait. Elles sont réparties en trois groupes: la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémaé et la poudre de lait écrémaé (Carole et Vignola, 2002).

### **III.1.4.2. La matiére grasse laitière anhydre (MGLA)**

La MGLA doit contenir au minimum 99,8% de matiére grasse. Elle est obtenue à partir de la crème ou du beurre par élimination de l'eau et des matiéres sèches non grasse par décantation ou par centrifugation (Luquet, 1990 ; Mahaut et al, 2000).

### **III.1.4.3. L'eau de reconstitution**

L'eau de reconstitution représente une grande proportion dans la composition du lait. Elle doit être :

- De bonne qualité bactériologique.
- Débarrassée des sels de chaux et de magnésium afin d'éviter l'entartrage des appareils et des conduites.
- D'une pureté chimique satisfaisante et dépourvue de pesticides et de métaux. (Luquet, 1990)

#### **III.1.4.4. Les ingrédients**

##### **❖ La présure**

La présure est la substance permettant de faire caillir le lait. C'est une enzyme d'origine animale, nommée aussi « chymosine », elle est obtenue à partir du suc gastrique de la quatrième poche de l'estomac des jeunes veaux abattus non sevrés (Eck, 1987).

##### **❖ Les levains lactiques**

Les levains lactiques sont des cultures pures en proportion définies de différentes bactéries lactiques. En se multipliant dans le lait et dans les fromages, ces levains assurent la transformation du lactose en acide lactique et contribuent aux caractères organoleptiques des fromages. Dans le cas du camembert, les levains lactiques sont constitués de :

- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus plantarum* (Eck, 1987).

##### **❖ Les levains fongiques**

Les champignons jouent un rôle important dans les technologies de transformation des produits alimentaires. Parmi ces champignons :

- *Penicillium camemberti* :

Cette moisissure a une activité protéolytique et lipolytique déterminant les caractères organoleptiques des fromages à l'étape de l'affinage. Elle est souvent désignée par les fromagers sous le nom de « *Penicillium candidum* » (Bourgeois et Larpent, 1989).

- *Geotricum candidum* :

C'est la moisissure responsable du revêtement blanchâtre du camembert. Elle contribue à la formation de la saveur et de l'arôme du camembert (Bourgeois et Larpent, 1989).

##### **❖ Les sels**

L'addition du chlorure de calcium et du phosphate monocalcique à raison de 0,2g/L a pour but de favoriser l'équilibre salin et d'améliorer la coagulation.

Ainsi l'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à raison de 1,7 à 2,5% apporte le goût caractéristique du fromage et agit sur l'activité de l'eau superficielle (Mahaut et *al.*, 2000).

### **III.2. Les étapes de la fabrication :**

#### **III.2.1. Nature de la matière première :**

La fabrication du fromage à pâte molle type *Camembert* exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions fromagères tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire (cas de l'Algérie où cet apport ne couvre que 40% des besoins), il est fait appel au lait reconstitué, constitué de produits d'importation (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre : MGLA) auxquels sont additionnés des volumes appropriés d'eau de reconstitution.

REMEUF *et al* (1991) soulignent en outre que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont :

- sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- sa charge microbienne et la nature de sa microflore ;
- son aptitude au développement des bactéries lactiques ;
- enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure.

### **III.3. Le processus technologique de la fabrication du camembert:**

#### **III.3.1. Traitements préliminaires du lait :**

Aussitôt leur réception à l'usine, les laits sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (dont notamment l'homogénéisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication (LENOIR, 1974 ; MIRANDA et GRIPON, 1986).

Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles

préjudiciables (FEUILLAT *et al*, 1976 ; LEMIEUX *et al*, 1994) dont nous relèverons plus loin certains de leurs particularismes.

#### **III.3.1.1. Standardisation**

La standardisation consiste à régler la composition du lait de mélange afin d'obtenir une teneur minimale en ES (Extrait Sec) et en MG (Matière Grasse) dans le fromage commercialisé. Elle est réalisée par le mélange du lait entier à du lait écrémé ou de la crème à du lait écrémé dans des proportions calculées.

Actuellement, certaines techniques (ultrafiltration ou la microfiltration sur membrane) permettent de standardiser le lait en protéine (Thapon, 2005).

#### **III.3.1.2. Homogénéisation**

L'homogénéisation est un traitement physique, qui consiste à faire éclater sous une forte pression les globules de matières grasses en très fines particules. La matière grasse se trouve ainsi répartie d'une façon homogène dans tout le volume (Eck, 1997).

#### **III.3.1.3. Pasteurisation**

La pasteurisation est un chauffage suffisant pour détruire avec certitude tous les germes pathogènes. La température de la pasteurisation la plus fréquente est comprise entre 65 à 75°C et parfois 80°C pendant 15 à 20 secondes. Ensuite, le lait pasteurisé est conduit vers des tanks de stockage où la température est de 10 à 12°C. (Veisseyre, 1975).

#### **III.3.2. Ensemencement et maturation:**

Le lait estensemencé par les levains lactiques à raison de 1,5 à 2% dans le but d'élever l'acidité de ce dernier, ensuite le phosphate monocalcique et le calcium sont ajoutés afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (Lenoir *et al.*, 1983).

#### **III.3.3. La fabrication proprement dite:**

##### **III.3.3.1. Emprésurage**

Après maturation, le lait est additionné de la présure qui est une enzyme coagulante. Son activité protéolytique modifiera la texture du lait (Eck, 1990).

### **III.3.3.2. Coagulation**

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physico-chimiques intervenant au niveau des micelles de caséine.

Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification et /ou action d'enzymes coagulantes. Cette étape est caractérisée par le temps de prise et le temps de durcissement. (Eck, 2006)

### **III.3.3.3. Moulage**

Le moulage est la répartition du caillé dans des moules perforés, en métal ou en matière plastique, dont la forme et les dimensions varie avec les types de fromages. La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement. Le moulage consiste à donner au fromage sa forme définitive. (Veisseyre, 1975).

### **III.3.3.4. Egouttage**

Cette phase consiste en l'élimination plus au moins grande de lactosérum (Mahaut et *al.*, 2000).

L'égouttage est accéléré par une série de retournement que les fromages subissent pendant qu'ils sont encore dans les moules (Veisseyre, 1975).

### **III.3.3.5. Démoulage**

Les fromages sont fait sortir de leurs moules soit manuellement par retournement, ou automatiquement (Veisseyre, 1975).

## **III.3.4. Les étapes de finition du fromage:**

### **III.3.4.1. Salage**

C'est une opération d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à des doses de 1 à 2% (Eck, 1990). Le salage complète l'égouttage du fromage en

favorisant le drainage du lactosérum. Il apporte ainsi le goût caractéristique du fromage et il agit sur l'activité de l'eau qui influence sur le développement des microorganismes (Eck, 2006).

#### **III.3.4.2. Ressuyage**

Le ressuyage est une opération qui consiste à un séchage en surface, il est réalisé à une température de 11 à 13°C et à une humidité de 90 à 95%.

Le ressuyage est effectué en même temps qu'une pulvérisation du *Penicillium candidum* (Eck, 1990).

#### **III.3.4.3. Affinage**

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique du caillé. Lors de la coagulation et de l'égouttage, le substrat préparé est constitué essentiellement de caséine, de matière grasse et d'une fraction des composants du lait. Ces constituants seront transformés sous l'action enzymatique au cours de l'affinage d'où l'apparition de matières sapides et odorantes (Eck, 1987).

#### **III.3.4.5. Conditionnement et commercialisation**

Après toute ces opérations, le fromage type « camembert » est prêt à être commercialisé. Le meilleur conditionnement consiste à l'emballer dans du papier cellulosique et de le placer dans des boites en carton, cet emballage doit :

- Etre non toxique.
- Assurer une protection chimique.
- Etre étiqueté avec précision (date de fabrication et de péremption, composition du produit,etc...).

Une fois cette opération réalisée, les fromages sont prêts à être commercialisés soit à partir de l'unité, ou à partir des points de vente.

La présence de certains micro-organismes indésirables peuvent entraîner des défauts de présentation et parfois une altération de la texture et de la croûte, entraînant des modifications de la qualité organoleptique du produit fini (Mahaut et al., 2000).

#### **III.4. Défauts et accidents de fabrication des fromages à pâte molle:**

### III.4.1 Défauts de texture:

#### ❖ **Pâte sèche**

Ce fromage est dit encore plâtreux. C'est le résultat d'un affinage insuffisant provoqué par un égouttage très poussé. Il n'est pas assez humide pour permettre le développement normal des bactéries lactiques (Veisseyre, 1975).

#### ❖ **Pâte collante**

Lorsque l'égouttage est insuffisant, le caillé très humide est le siège d'un développement excessif de la flore protéolytique entraînant une digestion prononcée de la caséine (Veisseyre, 1975).

#### ❖ **Gonflement**

C'est un accident provoqué également par le défaut d'égouttage. Le fromage gonfle et la pâte a l'aspect d'une éponge (Veisseyre, 1975).

### III.4.2. Défauts d'aspect et de croûtage

#### ❖ **Accident du « bleu »**

Cet accident est caractérisé par l'apparition en surface de taches bleuâtres ou verdâtres provoquées par *Penicillium glaucum* (Botton et al., 1900).

#### ❖ **« Poil de chat »**

Ce défaut est provoqué par le développement de volumineuses touffes de mucors à spores noires, qui s'observent sur les fromages mal égouttés et peu salés (Mahaut et al., 2000).

#### ❖ **« Graisse » ou « Peau de crapaud »**

L'agent responsable de ce défaut est *Géotrichom candidum* qui fait partie de la flore normale de nombreux fromages (pâte molle), son développement peut devenir trop important lorsque la température de l'égouttage est trop élevée et le salage est insuffisant : la surface du fromage devient glaiseuse et jaunâtre avec une fente de protéolyse (Desfleurs, 1980; Mahaut et al., 2000).

### **III.4.3. Défauts de saveur et d'arôme**

#### **❖ L'amertume**

L'amertume est un défaut de saveur relativement fréquent dans divers types de fromage notamment les pâtes molles. Le défaut peut avoir plusieurs origines, mais il est le plus souvent dû à l'accumulation de peptides de petits tailles qui proviennent de la protéolyse.

La formation des peptides amers dans les fromages au cours de la maturation est inévitable (Bailly et *al.*, 1979; Eck, 2006).

#### **❖ Goût de rance**

Il apparaît lorsqu'il y a une lipolyse excessive donnant naissance à une quantité élevée d'acides gras libres à chaînes courtes et moyenne (C<sub>4</sub> et C<sub>12</sub>) (Mollimard, 1994; Mahaut et *al.*, 2000).

### **III.4.4. Autres défauts de flaveur**

Les défauts de flaveur susceptibles d'être relevés dans les fromages peuvent avoir des origines très diverses.

Certains proviennent du lait de fabrication ; ils peuvent être dus à l'alimentation des vaches laitières, ou à un fort développement des bactéries psychrotrophes accompagné de l'apparition dans le lait de saveur et d'odeurs indésirables.

Cependant, les plus fréquents sont dus à l'activité des microorganismes qui se manifestent au sein même du fromage au cours de l'affinage (Eck et Gillis, 2006).

## **Chapitre II: Salage -Affinage**

### **I. Caractéristiques et évaluation de la phase du salage:**

Après de longues heures d'égouttage, le fromage est démoulé. Il est ensuite mis à sécher dans un séchoir tiède et ventilé. Vient alors l'étape du salage. (Anonyme II)

#### **I.1. Le salage et son rôle**

Le salage du fromage est une étape qui conditionne l'aspect et le goût futur du fromage. Le sel joue un rôle très important dans le sens où il :

- Confère son aspect et une grande partie de son arôme au fromage

- solidifie la croûte, ce qui permet au fromage de garder sa forme
- Il a un effet régulateur des échanges entre la pâte et l'atmosphère
- Le sel étant un conservateur naturel, il permet une meilleure conservation du fromage
- Les propriétés du sel permettent au fromage de lutter contre les microbes et les bactéries.

Le salage se déroule dans les 24h qui suivent le démoulage pour les pâtes molles.

Pour les pâtes pressées cuites et non cuites, le salage du fromage est lent et progressif, afin d'obtenir une maturation plus longue. (Anonyme II)

## **I.2. Différents types de salage:**

### **I.2.1. Le salage à sec**

Le

salage à sec est surtout utilisé pour les petits fromages. Cette technique consiste à répandre le sel à la surface du fromage pour obtenir une déshydratation, évitant ainsi la prolifération des bactéries. La solubilisation des protéines animales donne la saveur caractéristique du produit tout en favorisant sa coloration et sa texture. Le salage à sec s'effectue souvent à l'aide d'une passoire ou d'une machine.

Le salage à sec s'effectue dans la masse du caillé avant le moulage pour certains fromages tels que le cantal ou le cheddar. Le sel va progressivement rentrer dans le fromage. Il ne restera alors qu'à enlever le surplus de sel.

### **I.2.2. Le salage par immersion ou en saumure**

Définition : La saumure est une solution aqueuse d'un sel, généralement de chlorure de sodium (sel de cuisine) NaCl, saturée ou de forte concentration.

Le salage en saumure est le plus courant. Il consiste à immerger le fromage dans un bain de saumure. Lors du saumurage, la diffusion de l'eau du fromage vers l'extérieur est plus rapide que celle des ions sodium  $\text{Na}^+$  et chlorure  $\text{Cl}^-$ , ceci entraîne une concentration du sel dans la croûte. Les échanges entre le fromage et la saumure sont favorisés par l'agitation de la solution.

Le saumurage s'effectue entre 10 et 15 °C pour les fromages à pâte dure et mi-dure, un peu plus pour les fromages à pâte molle et à pâte filée.

Le contrôle du *pH* de la saumure est aussi un paramètre important. Au-dessus de 5,4, il se forme une croûte sèche, ayant tendance à transpirer. En dessous de 4,6, le passage en solution des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  empêche la croûte de sécher. Pour éviter le ramollissement de la croûte, on ajoute des

ions calcium (en général sous la forme de chlorure de calcium  $\text{CaCl}_2$ ) dans la saumure. La masse ajoutée est de l'ordre de 150 g de chlorure de calcium par 100 kg de saumure (ce qui correspond à environ 50 g de  $\text{Ca}^{2+}$  par 100 kg). Le contrôle du *pH* s'effectue par acidification avec de l'acide chlorhydrique, de l'acide éthanoïque (acide acétique) ou de l'acide lactique.

En revanche le *pH* n'a aucune influence sur l'absorption du sel. (nous verrons cela avec l'exemple)

La durée du saumurage varie entre quelques heures pour un fromage à pâte molle et trois jours pour un fromage à pâte dure.

La concentration de la saumure est également importante. En effet plus la saumure est concentrée, plus les échanges entre celle-ci et le fromage sont importants. (Anonyme II)

### **I.3. Objectifs du salage:**

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

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

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

de la pression de vapeur d'eau en équilibre avec le produit par rapport à celle de l'eau pure placée dans les mêmes conditions de température. La mesure de l'humidité relative d'équilibre (H.R.E.) reflète directement cette disponibilité de l'eau et s'exprime par la relation :

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

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

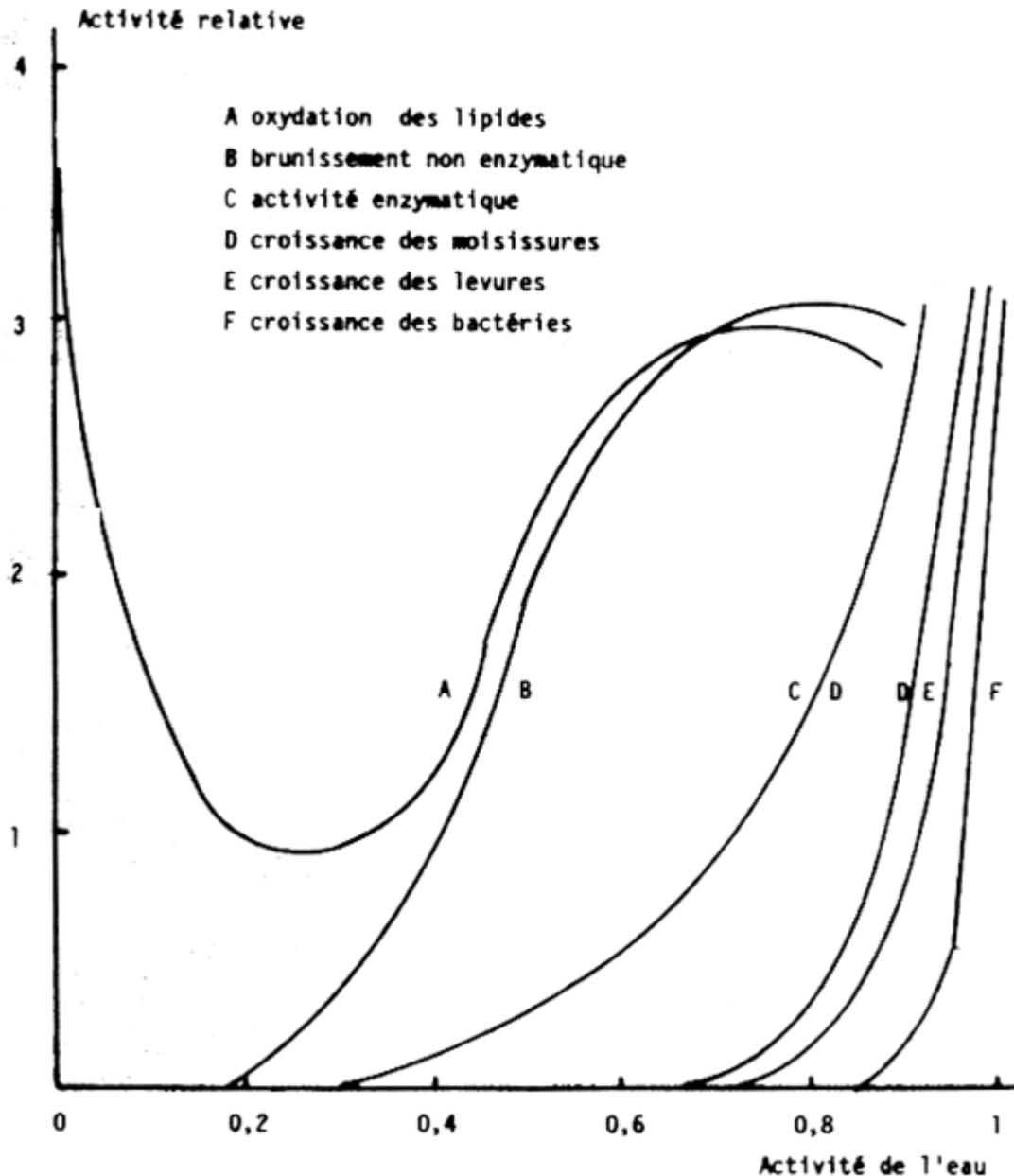
P<sub>o</sub> : pression partielle de vapeur de l'eau pure

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

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

Il convient de remarquer que les notions d'activité de l'eau et d'hygrométrie sont semblables, car définies toutes deux par rapport à des pressions de vapeur d'eau ; la saturation égale à une hygrométrie de 100 %, correspondant à une A<sub>w</sub> de 1. (Anonyme III)

Un des objectifs du salage, en apportant dans le fromage un sel dépresseur de l'A<sub>w</sub>, est précisément d'abaisser légèrement l'A<sub>w</sub> de manière à rendre le substrat sélectif, principalement vis-à-vis de la croissance de micro-organismes. En raison d'une répartition souvent inégale du sel, soit temporaire, soit définitive, l'effet sélectif est plus marqué au niveau de la croûte du fromage que dans la masse, de ce fait, il sera possible pour les fromages les plus secs d'inhiber presque totalement toute croissance microbienne, pour les fromages plus humides de sélectionner et de maîtriser cette croissance. La **figure 2** illustre la sensibilité particulière de divers micro-organismes au facteur A<sub>w</sub>.



**Figure 3** : INFLUENCE DE L'ACTIVITE DE L'EAU SUR LES REACTIONS DE TRANSFORMATION DES ALIMENTS (D'après VAN DEN BERG et coll., 1981)

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

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

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

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

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

#### **I.4. Les sels utilisés:**

Le chlorure de sodium est un composant très largement répandu dans la nature ; il peut être produit soit par extraction minière, soit par évaporation de l'eau de mer en marais salants. Les sels bruts ainsi obtenus peuvent être utilisés pour le salage des fromages, toutefois cet usage présente des inconvénients dus à leur manque de pureté chimique et bactériologique. En effet les sels bruts renferment une proportion non négligeable de composants autres que le chlorure de sodium. Les sulfates, carbonates, sulfates de calcium et de magnésium sont fréquents et souvent à l'origine de la formation de boues dans les saumures. Ces boues en décantant le plus souvent sur les fromages, nuisent à son aspect, mais surtout contribuent en

raison de leur caractère basique et hydrophile à neutraliser l'acidité et à accroître l'activité de l'eau à sa surface ; la protection acide disparaît alors, libérant un substrat très propice aux proliférations microbiennes indésirables. D'autre part, ces boues sont souvent à l'origine de mauvais goûts et en particulier d'amertume.

Par ailleurs, au plan microbiologique, et contrairement à une idée reçue qui est erronée, les sels bruts ne sont pas stériles, mais renferment toujours une proportion importante de micro-organismes variés. Dans les sels marins, les bactéries du genre *Bacillus* dominant, dans les sels miniers, le genre *Micrococcus* est le plus représenté, mais accessoirement toutes les autres catégories de micro-organismes peuvent être présentes ; les conditions de récolte, de conditionnement, de transport et de stockage sont donc particulièrement déterminantes sur la qualité microbiologique des sels.

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

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

### **I.5 Conclusion pour les différents fromages:**

L'importance du salage et la mise en œuvre du sel diffèrent avec les variétés de fromage. Pour chaque type de fromage, on recourt à une qualité spécifique de sel. La mise en œuvre des techniques de salage doit donc être réalisée avec le plus grand soin. Du salage dépend essentiellement l'étape suivante, l'affinage. (Anonyme III)

## **II. Caractéristiques et évaluation de la phase d'affinage :**

L'affinage correspond à diverses transformations biochimiques (protéolyse, lipolyse, glycolyse...) (**Tableau I**) qui résultent de l'activité des enzymes natives du lait ou de celles qui sont issues de micro-organismes rajoutés à ce dernier en vu de sa transformation en fromage (bactéries lactiques et moisissures, (**Tableau II**).

Ce sont ces modifications souhaitées qui sont responsables de la maturation du coagulum et de l'obtention d'un produit dérivé ayant des caractéristiques organoleptiques recherchées.

## II.1. Les facteurs de variation de l'affinage :

Les facteurs susceptibles d'agir sur le développement des micro-organismes, la production des enzymes et l'activité enzymatique peuvent influencer de façon déterminante sur le processus de maturation de la pâte fromagère. Parmi ces facteurs, il y'a lieu de citer notamment les effets de l'aération et de la composition de l'atmosphère, de l'activité de l'eau, de la température et enfin du pH (ECK, 1990).

**Tableau I : Les grandes transformations biochimiques au cours de l'affinage selon BERTRAND (1988).**

SUBSTRATS	TYPES DE TRANSFORMATIONS OU MICROORGANISMES IMPLIQUES	PRINCIPAUX PRODUITS FORMES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protéines</li> <li>- Peptides</li> <li>- Acides aminés</li>   <li>- Amines</li> <li>- Cétoacides</li> <li>- Aldéhydes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protéolyse</li> <li>- Désamination</li> <li>- Décarboxylation</li> <li>- Dégradation des chaînes latérales</li>   <li>- Désamination oxydative</li> <li>- Réduction</li> <li>- Réduction</li> <li>- Oxydation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peptides ; acides aminés</li> <li>-NH<sub>3</sub> ; acides -<math>\alpha</math>-cétoniques</li> <li>- CO<sub>2</sub> ; amines</li> <li>- Phénol, indole, méthanéthiol et autres composés soufrés volatils.</li>   <li>- NH<sub>3</sub> ; aldéhydes</li>   <li>- Aldéhydes</li> <li>- Alcools</li> <li>- Acides</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lactose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermentation lactique (Bactéries lactiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide lactique</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide citrique</li> <li>- Diacétyle</li> <li>- Acide lactique</li> </ul>	<p>homofermentaires)</p> <p>-(Bactéries lactiques hétérofermentaires)</p> <p>- Fermentation alcoolique (levures)</p> <p>- (Bactéries lactiques)</p> <p>- Fermentation propionique ; (Bactéries propioniques)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide lactique ; éthanol ; acide acétique ; CO<sub>2</sub></li> <li>- CO<sub>2</sub>, éthanol</li> <li>- CO<sub>2</sub> ; acétaldéhyde ; acétone, diacétyle.</li> <li>- Acétone, butanediol</li> <li>- Acide propionique ; acide acétique ; CO<sub>2</sub></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Triglycérides (glycérides partiels)</li> <li>- Acides gras (à chaîne moyenne ou courte)</li> <li>- Méthylcétones</li> <li>- Acides gras (à chaîne courte)</li> <li>. Ethanol, alcools aliphatiques, ou aromatiques,</li> <li>- Thiols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lipolyse -<math>\beta</math> - oxydation (Penicillium)</li> <li>- Réduction</li> <li>- Estérification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide gras ; glycérides partiels ; glycérol ;</li> <li>- Méthylcétones (C<sub>2N-1</sub>) ; CO<sub>2</sub></li> <li>- Alcools secondaires (C<sub>2n1</sub>)</li> <li>- Esters</li> <li>- Thioesters</li> </ul>





### II.1.2. L'activité de l'eau :

L'activité de l'eau ( $a_w$ ) est un facteur important dans le développement microbien et dans l'expression de l'activité enzymatique, car un abaissement à un taux inférieur à 0,5 ralentit cette activité et ne permet pas la multiplication des micro-organismes (il y'a augmentation de la phase de latence et diminution sélective de la vitesse de croissance),

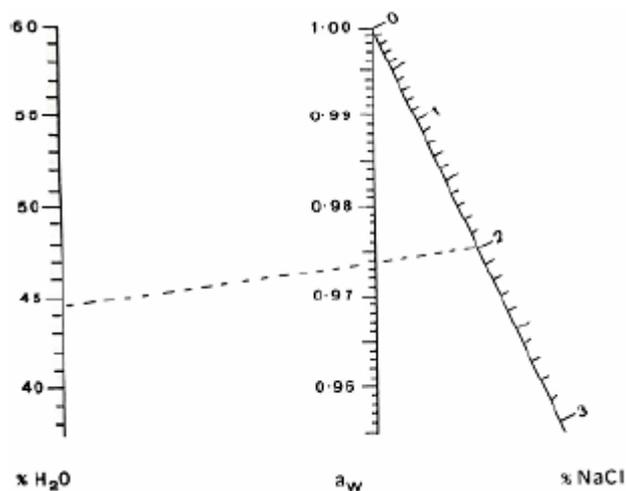
ACKER (1996). Par contre, SCHLESSNER *et al* (1992) constatent que cet abaissement de l' $a_w$  contribue à l'augmentation de la fermeté du fromage.

L'effet de la teneur sélective du sel (qui est un des facteurs régulateur de l' $a_w$ ) sur le développement des moisissures en surface des pâtes molles est bien connu. Un salage assez prononcé limite ou même empêche la croissance de *Geotrichum candidum* sans affecter notablement celle de *Penicillium* (GUEGUEN *et al*, 1974)

Le salage diminue aussi l'activité des enzymes (lipases et protéases notamment) dans le fromage type *Camembert*. Il a été montré, par KIKUSHI et TAKAFUJI (1971), qu'un taux de sel de 4% en poids entraîne une diminution sensible du degré de protéolyse de 40% après vingt jours d'affinage.

Des résultats concernant le salage de fromages à pâte molle sont montrés en **figure 4**.

Ils illustrent l'importance du rôle du sel et peuvent être utilisés pour décrire l'évolution de l'activité de l'eau, après salage, lorsque le sel d'abord concentré en surface, opère une lente migration vers le coeur du fromage (Hardy, 1997).



**Figure 4** : abaque donnant une estimation directe de l'activité de l'eau ( $a_w$ ) de fromages fraîchement égouttés à partir de la teneur en eau (% H<sub>2</sub>O) et de la concentration en sel (% NaCl) (Marcos et Esteban, 1982). Par exemple, pour une

teneur en eau de 44 % et une concentration en NaCl de 2 %, l'*a<sub>w</sub>* se situe vers 0,974.

### **II.1.3. La température :**

C'est un facteur régulateur important de la croissance microbienne et de l'activité enzymatique. Néanmoins, chaque type de réaction particulière nécessite une gamme de température optimale. En effet, les moisissures se développent favorablement à 20-25°C, les bactéries lactiques mésophiles à 30-35°C. L'optimum d'activité pour les lipases se situe entre 30 et 35°C alors qu'il est plus élevé dans le cas des protéases (40-45°C), (MIETTON, 1994).

Aux basses températures, cette activité peut être encore appréciable, notamment dans le cas des lipases. Ainsi, il a été montré que la lipase de *Penicillium Camemberti* conserve 50% de son activité maximale à 1°C (LAMBERET et LENOIR, 1976).

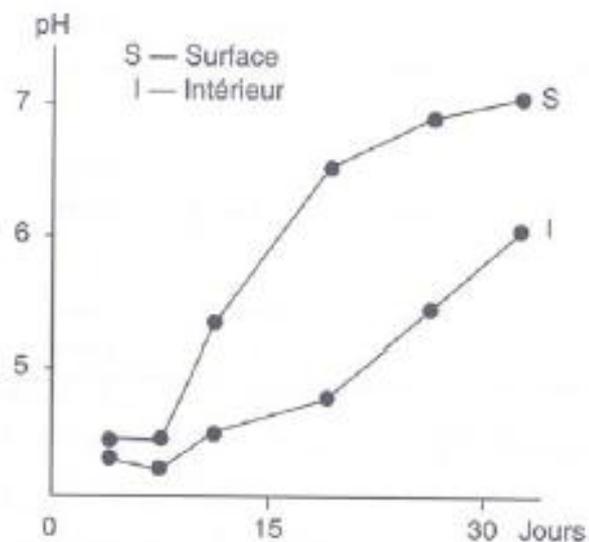
### **II.1.4. Le pH :**

L'influence du pH sur le développement microbien et l'activité enzymatique est particulièrement déterminante. Parmi les micro-organismes, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à pH inférieurs à 5. L'activité des enzymes est aussi très sensible aux variations de pH. Il a été observé que l'activité maximale de la plupart des protéases microbiennes, se situe dans l'intervalle de pH 5-7,5 et celle des lipases dans la zone 7,5-9,0. Au dessous de pH 4,5, la stabilité de nombreuses enzymes est par contre fortement réduite (MIETTON, 1995).

Dans le *Camembert*, le caillé en fin d'égouttage a un pH voisin de 4,5. Un tel pH ne permet ni le développement des microcoques et des corynebactéries (agents de maturation), ni une action suffisante des protéases. En outre, il limite les interactions protéines-minéraux et protéines-eau qui contribuent à conférer à la pâte fromagère une texture souple et homogène.

C'est pour cette raison qu'une certaine neutralisation du caillé est donc nécessaire. Celle-ci est assurée par le développement des moisissures qui utilisent le lactate comme source de carbone.

Dans les fromages de type Camembert, le pH remonte rapidement et atteint en surface une valeur proche de 7 bien avant la fin de l'affinage, alors que l'augmentation du pH à l'intérieur de la pâte est beaucoup plus lent (Lenoir *et al.*, 1985; Leclercq-Perlat *et al.*, 2004). Comme ceci est illustré à la **figure 5**.



**Figure 5** : évolution du pH au cours de la maturation du Camembert (Lenoir *et al.*, 1985)

### II.3. Les modifications biochimiques au cours de l'affinage :

#### II.3.1 Fermentation du lactose :

Le lactose peut être métabolisé par de nombreux micro-organismes présents dans le lait et les pâtes fromagères (ECK, 1990).

#### II.3.2 Hydrolyse de la matière grasse : La lipolyse :

La matière grasse du lait, participe dans la phase d'affinage à la formation des caractéristiques organoleptiques particulièrement reconnues pour le cas du *Camembert*.

La dégradation de cette matière grasse ou lipolyse peut être due à l'action de la lipase naturelle du lait (notamment dans les fromages au lait cru) et à celle des lipases d'origines microbiennes. Ces agents permettent de transformer les triglycérides en glycérides partiels et acides gras.

CHOISY *et al* (1984) mentionnent que tous les micro-organismes sont susceptibles de produire des lipases mais en quantités plus ou moins importantes selon les espèces ou les souches.

Les micro-organismes des fromages les plus lipolytiques sont les moisissures. En effet, *Penicillium Camemberti* produit une lipase alcaline exocellulaire (DESNOUVEAUX *et al*, 1986).

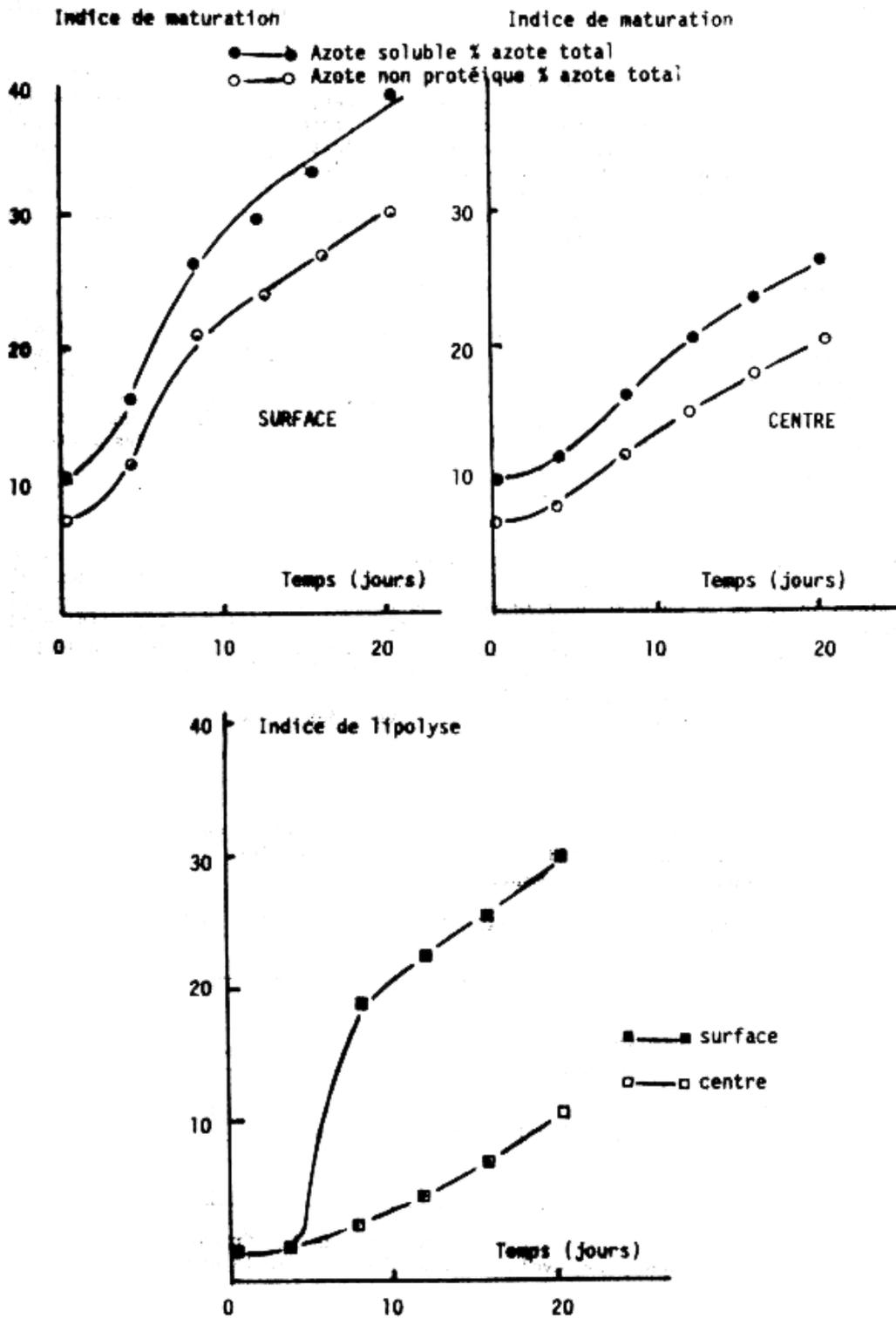
Selon MOLIMARD *et al* (1997), cette lipase constitue l'agent principal de la lipolyse du *Camembert* qui est plus intense dans la partie superficielle (où elle peut atteindre 30 %) qu'au centre du fromage (KUDZAL-SAVOIE, 1982).

### **II.3.3. La protéolyse**

C'est le phénomène le plus important de la phase d'affinage car il affecte à la fois la texture et la saveur. LENOIR *et al* (1983), font observer qu'en partant du caillé égoutté qui contient 4-8 % de substances azotées solubles dans l'eau, on arrive en fin de maturation, dans les hâloirs, à un fromage présentant 20 à 50 % de substances azotées.

Il s'agit d'une digestion progressive comparable à celle qui se produit dans le tube digestif des animaux, mais qui reste limitée. Globalement, cette protéolyse a deux conséquences :

- la pâte fromagère devient plus molle et plus onctueuse ;
- il y'a production de métabolites qui confèrent un arôme et une saveur particulière au fromage (ECK, 1990).



**Figure 6:** EVOLUTION DE LA PROTEOLYSE ET DE LA LIPOLYSE AU COURS DE L’AFFINAGE D’UN FROMAGE A PATE MOLLE DE TYPE CAMEMBERT (D’après AKGUN, 1978)

### **II.3.3.1. Mécanisme général de la dégradation :**

Au cours de la maturation du *Camembert* dans les hâloirs, il y'a hydrolyse enzymatique progressive des caséines en peptides (de tailles variables) et en acides aminés libres.

Les travaux réalisés sur le suivi de cette étape de protéolyse ont montré que les caséines sont d'abord clivées (aux premiers jours d'affinage) aux niveaux des sites préférentiels d'attaques relativement réduits par protéine. Les autres coupures hydrolytiques interviennent avec le prolongement de la phase d'affinage.

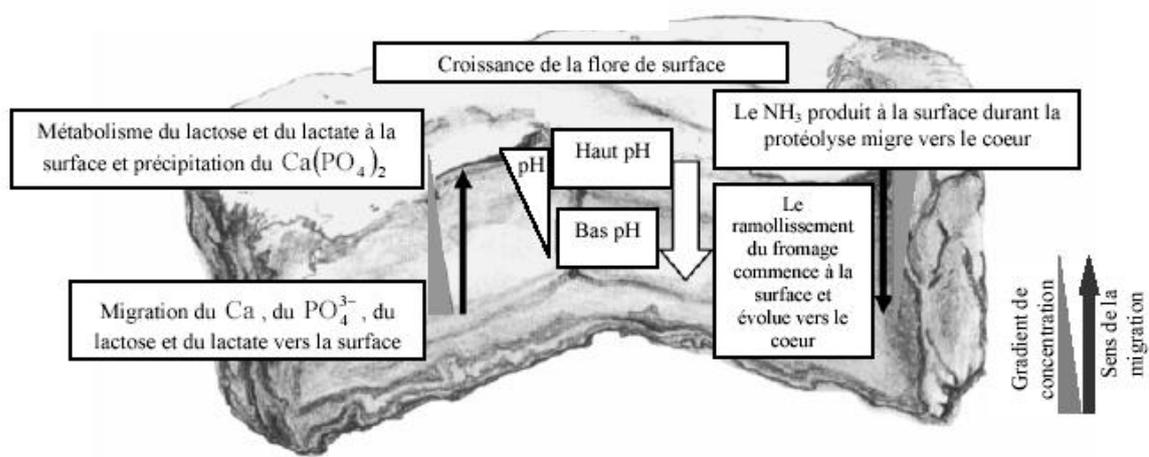
Il a été aussi relevé que les produits de dégradation (notamment les acides aminés libres) sont repris par d'autres réactions pour la synthèse de divers métabolites dont certains participent à l'élaboration des caractéristiques organoleptiques particulières du

*Camembert* (ADDA et DUMONT, 1974 ; DUMONT *et al*, 1976 ; TRIEU-CUOT *et al*, 1982 ; PELISSIER, 1984 ; MIRANDA et GRIPON, 1986).

### **II.3.3.2 Les enzymes protéolytiques et leurs actions :**

Les enzymes protéolytiques intervenants en cours de maturation et d'affinage des fromages ont des origines diverses :

- les protéases indigènes ou natives du lait telles la protéase alcaline, la protéase acide... ;
- les protéases exogènes rajoutées au lait dans le but de le coaguler telles la présure ou les substituts de l'enzyme coagulante ;
- les protéases endogènes apportées par les micro-organismes du lait (qui subsistent après la pasteurisation). Ces micro-organismes interviennent soit par la libération dans le caillé d'enzymes extracellulaires, soit, après leur lyse, par les enzymes intracellulaires ou liées à leurs enveloppes (DESNOUVEAUX, 1986).



**Figure 7** : représentation schématique des changements ayant lieu lors de l'affinage d'un fromage à pâte molle en fonction des gradients de concentration qui s'installent (Mc Sweeney, 2004)

L'objectif de notre étude est l'évaluation de la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique du camembert (PRESIDENT) durant l'étape salage-affinage.

## **Chapitre I : Présentation de l'unité d'accueil :**

Notre stage de fin d'étude s'est déroulé au niveau de la laiterie de Béni-Tamou (L.B.T), commune de la wilaya de Blida durant la période de mai à septembre 2011.

La filiale laiterie de Beni Tamou (ex ORLAC-UPL 04), est un grand complexe laitier d'une renommée nationale .Elle est située dans la commune de Beni-Tamou à 10KM au nord du chef lieu de la wilaya de Blida .

Créée en 1988, et démarrant sa production en 1989, cette laiterie répond aux besoins des wilayas de Blida et Tipaza en lait pasteurisé.

Depuis 2007 l'usine est détenue par les groupes SOUMMAM et LACTALIS (France) .Elle compte 420 salariés.

Cette unité a été prévue pour traiter 300000L de lait par jour, par la suite ses capacités de production ont été accrues pour atteindre 350.000 à 400.000L par jour.

Face à une demande croissante du marché, il a été procédé à l'aménagement d'un système de travail formé par trois équipes de huit heures chacune.

L'unité produit une gamme assez importante de produits allant du lait pasteurisé jusqu'à la crème fraîche, passant du camembert avec ses deux types : grand modèle «Président» «Brie» et «Mitidja» .

Cette unité est gérée par un Directeur Général qui reçoit les consignes du conseil d'administration.



### I.1. Caractéristiques techniques des fromages fabriqués à la laiterie LBT :

Les différents types de camembert fabriqués au niveau de l'unité de LBT sont présentés dans le tableau ci-dessous :

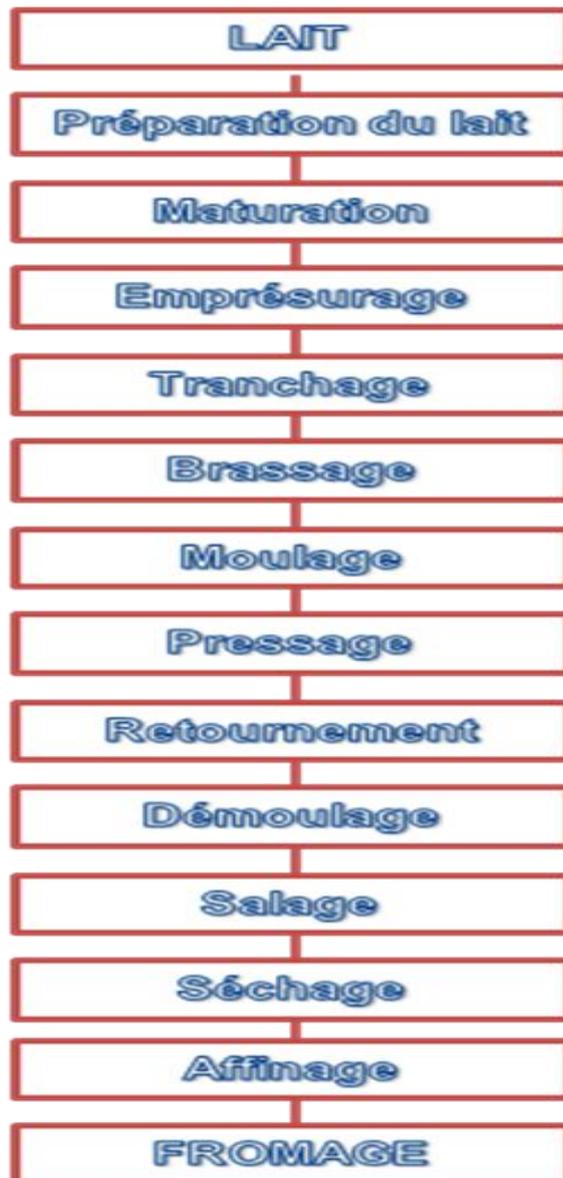
**Tableau III:** Les différents types de camembert fabriqués au niveau de l'unité de LBT

TYPE	Lait de fabrication	Modèle	Forme	Poids
Président	Lait de vache+lait recombinaé	grand	Rond	250g
Mitidja	Lait de vache+lait recombinaé	grand	Rond	200g
Brie président	Lait de vache	Brie galette	Rond	1750g

### I.2. Diagramme de fabrication du camembert :

Les différents types de camembert fabriqués par l'unité LBT sont obtenus selon le processus décrit ci-dessous :





**Figure 04 :** Le diagramme de fabrication du camembert

## **Etape 1: Préparation du lait**

### ***Objectif :***

Donner au lait des caractéristiques microbiologiques et chimiques pour le préparer à la transformation.

### ***Moyens :***

- Standardisation MP et MG par ultra filtreur et écrémeuse
- Traitement thermique (thermisation, pasteurisation)
- Pré maturation froide (13 à 16 °C)
- Ajout de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) .

### ***Maîtrise :***

- Qualité du lait (pH, aptitude au développement de la flore...)
- Température et temps de maturation

## **Etape 2 : Maturation**

### ***Objectifs :***

Le développement de la flore lactique : acidifie le milieu par fermentation lactique et jouera un rôle dans le processus d'affinage et l'acidification du lait initie la coagulation.

**Moyens :**

- Ensemencement par une flore lactique
- Flore homofermentaire : fermentation lactique seule
- Flore hétéro fermentaire : fermentation lactique et autres
- Flore de surface et d'affinage
- Apport de  $\text{CaCl}_2$
- Apport d'acides organiques.

**Maîtrise :**

- Qualité du lait (pH, aptitude au développement de la flore...)
- Choix des ferments
- Température et temps de maturation  
Problème des bactériophages.

**Etape 3 : emprésurage**

**Objectif :**

La coagulation du lait.

**Moyens :**

- Utilisation de présure –préparation avec l'eau distillé et le sel.

***Maîtrise :***

- Qualité du lait (protéines, calcium...)
- Qualité de la présure
- Dose de présure
- Température d'emprésurage
- pH du lait à l'emprésurage.



Figure 05 : Emprésurage

**Etape 4 : Tranchage :**

***Objectif :***

C'est améliorer l'égouttage du caillé .

***Moyens :***

Tranche-caillé, couteau, louche.

***Maîtrise :***

- Savoir-faire de l'opérateur.
- Taille et homogénéité des morceaux de caillé en fin d'opération.



Figure06 :Tranchage

### **Etape 5 : Brassage :**

#### ***Moyens :***

- Outils mécaniques variables.
- Effet de l'augmentation de la température.

#### ***Maîtrise :***

- Savoir-faire de l'opérateur
- Température de brassage

### **Etape 6 : Moulage :**

#### ***Objectif :***

L'objectif c'est :

- Donner forme au caillé
- Permettre la poursuite de l'égouttage .

#### ***Moyens :***

- Moules plastiques de taille définie
- Matériel de répartition du caillé dans les moules

***Maîtrise :***

- Quantité de caillé par moule
- Savoir-faire de l'opérateur
- Température de moulage.

**Etape 7 : pressage :**

***Objectif :***

L'objectif c'est :

Améliorer l'égouttage du caillé

***Moyens :***

- poids déposés sur les caillés  
Presses (meules).

***Maîtrise :***

- pression (g/cm<sup>2</sup>)
- durée du pressage
- température ambiante

**Etape 8 : Retournement**

***Objectif :***

C'est l'homogénéité du caillé.

**Moyens :**

Manuel ou machines.

**Maîtrise :**

Nombre de retournements.

**Etape 9 : Démoulage.**

- pH = 4,6-4,8
- EST : 38 à 40 %



Figure07 :démoulage

**Etape 10 : salage :**

**Objectif :**

L'objectif de salage c'est :

- Goût
- Amélioration de l'égouttage par effet osmotique

**Moyens :**

-Dépôt en surface (manuel ou automatique)

*-Apport de levures et de moisissures*

**Maîtrise :**

- Quantité de sel par fromage
- Homogénéité du salage en surface
- Concentration de sel et temps de présence en saumure .

- Le saloir :

Le saloir est un SAS de 28°C et c'est l'endroit où se trouve la saumure.

Un SAS est un compartiment étanche qui sépare des milieux où la pression n'est pas la même.



Figure 08: le saloir

-La saleuse :

La saleuse de LBT est composée de trois compartiments :

a-les chaines d'entrainements :

Les chaines d'entrainements sont les chaines porteuses de claies c'est a ce niveau qu'on doit régler la vitesse de rouleau pour maitriser le temps de contact entre le fromage et la saleuse.



Figure 09 :la saleuse

B-Lit de sel :

Le lit de sel constitue la partie active de la saleuse, on trouve :

- Un ventilateur (caisson de buses) qui fait monter le sel et le faire saler au dessous du camembert
- Un magasin de sel qui représente l'endroit ou l'on dépose les sacs de sel .



Figure 10:Lit de sel

C-Rouleau de sel :

C'est un rouleau qui approvisionne le lit de sel et fait saler le dessus du camembert.



Figure 11 : rouleau de sel

II-1-2) Le sel utilisé :

Le sel utilisé est un sel traité, raffiné, fin de diamètre de 320  $\mu\text{m}$  contient 99.9% de Na Cl et contient aussi un agent anti agglomérant.

Ressuyage :

- température : 14-15°C
- hygrométrie : 80 à 85 %
- retournements quotidiens

## **Etape 11 : séchage :**

### ***Objectifs :***

L'objectif c'est :

- Poursuite de l'égouttage par évaporation.
- Développement de la flore de surface.

### ***Moyens :***

Hâloirs, séchoirs.

### ***Maîtrise :***

- Hygrométrie et température.
- Temps de présence.



Figure12 :Séchage

## **Etape 12 : affinage :**

### ***Objectif :***

L'objectif c'est :

Maîtriser les activités microbiennes qui vont permettre l'obtention des caractéristiques organoleptiques particulières du fromage (flore de surface et modifications de la pâte).

**Moyens :**

Salles d'affinage, retournements, brossage.

**Maîtrise :**

- Hygrométrie et température
- Durée d'affinage
- Savoir-faire de l'opérateur (soins aux fromages).

**Affinage :**

- température : 8 à 10°C
  - hygrométrie : 93 à 97%
  - retournements tous les 2 jours
  - EST : 46 %
- pH = 5,8 à 6



Figure 13 : Affinage

Parmi les étapes de fabrication du camembert citées, nous retrouvons l'étape salage, qui est une phase primordial pour le fromage.

Sa maitrise consiste à surveiller et analyser le taux de sel sur le fromage.

Lors de notre étude, notre premier souci consistait à analyser l'homogénéité des fromages en taux de sel.

Lors de démoulage les opérateurs mettent les fromages sur des claies, chaque claie contient 20 fromages répartis en 4 lignes et 5 colonnes.

Après passage de la claie sur la saleuse nous aurons une quantité de sel sur le dessus et le dessous des fromages qui est de 90 gr; cette quantité doit être répartie sur les 20 fromages de sorte que chaque fromage prenne 4.5 gr.

Afin de vérifier cette quantité et trouver si le salage se déroule selon les normes de l'entreprise nous avons procédé à des analyses physico-chimiques, microbiologiques et à la vérification du fonctionnement de la saleuse.

## Chapitre II : matériel et méthodes :

### II. 1 : Matériel :

#### II-1-1 : Equipement du laboratoire utilisé :

- PH mètre (METROHM 620)

- Butyromètre de GERBER

- Pipette

- Centrifugeuse (LABOFUGE  
max. 15000 x g)

- Dessiccateur

- Capsule

- Spatule

- broyeur

- TPS

- Agitateurs (type VORTEX,  
magnétiques, basculants)

- Bain-marie

- Chlororumètre

## II-1.2 : : Autre matériel :

- Verrerie (bêchers, fioles jaugées, fioles à vide, pipettes graduées, burette de précision, colonne en verre de filtration, coton de verre...etc) .

- Matériel approprié pour l'analyse microbiologique (autoclave, étuves, microscopes...).

-Milieux de culture pour le dénombrement de microorganismes.

## II-2 : Méthode :

### II.2.1 : Echantillonnage :

L'échantillonnage a pour but de prélever les échantillons les plus représentatifs d'un lot de produit.

### II.2.2 : Méthode d'échantillonnage pour la vérification du taux de sel sur le fromage :

Après démoulage nous avons pris différentes claies contenant chacune 20 pièces, les dernières ont toutes été pesées pour l'ensemble, avant l'entraînement dans la saleuse.

Cette opération a été refaite à la sortie de la saleuse.

L'opération a été effectuée en deux étapes :

-Mettre un plateau au dessus de la claie ensuite faire passer ce dernier dans la saleuse.

-Mettre un plateau au dessous de la claie ensuite faire passer ce dernier dans la saleuse.

### **II.3 : Méthode de Prélèvement et de préparation des échantillons :**

Les échantillons de *Camembert* ont été prélevés aux stades suivants :

- Au moment de l'introduction du fromage dans le hâloir pour affinage (stade : J=0)

- Après 6 jours d'affinage = (J + 6)

- Après 15 jours d'affinage = (J + 15)

-Après 1mois d'affinage= (J+30)

-Après 2mois d'affinage = (J+60)

### **III- Analyses physico-chimiques :**

Le contrôle physico-chimique permet d'évaluer la stabilité et la consistance du produit.

A cet effet nous avons effectué les analyses suivantes :

#### **III.1. Détermination du pH :**

III.1.1 : Principe :

Le pH dépend de la concentration d'un milieu en protons; il est le logarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium ( $H_3O^+$ ) (Jaques, 1998).

III.1.2 : Mode opératoire :

Il suffit d'introduire l'électrode dans la pièce de camembert et de lire directement l'indication affichée sur l'écran du pH mètre.

### **III.2. Détermination du taux de la matière grasse**

II.2.1. Principe :

Le principe est basé sur l'attaque des composants autres que la matière grasse par l'acide sulfurique et sa séparation par l'utilisation de l'alcool.

III.2.2. Mode opératoire :

La matière grasse est moins dense, elle se rassemble en une couche claire et transparente visible pour une lecture directe sur l'échelle du butyromètre exprimé en g/L ou en%.

Ainsi, il faut introduire dans un butyromètre à fromage :

- 3g de fromage (après broyage)
- 10 mL d'acide sulfurique (1.54 N) par l'extrémité du butyromètre jusqu'à immersion du godet .
- Chauffer au bain marie le contenu du butyromètre jusqu'à dissolution totale
- Ajouter 1 mL d'alcool iso amylique puis de l'acide sulfurique jusqu'à l'avant graduation du butyromètre .
- Faire des retournements et des agitations puis centrifuger à 1200 tours/min pendant 6 min.

### III.2.3. Expression des résultats

La teneur en matière grasse du fromage est exprimée en % ou en g/L et la lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.

## **III.3. Détermination de l'extrait sec total :**

### III.3.1. Principe

L'EST (l'extrait sec total) est le taux de la matière sèche restant après une Dessiccation et un étuvage. La dessiccation permet l'évaporation totale de l'eau contenue dans l'échantillon.

### III.3.2. Mode opératoire

Déposer et bien répartir 2 à 5 g ou mL de l'échantillon à analyser dans une capsule tarée sur le support du dessiccateur et lire le chiffre affiché sur l'écran de l'appareil après avoir sélectionné le type de l'analyse désirée.

### III.3.3. Expression des résultats

Il suffit de lire directement le chiffre obtenu sur l'écran. Pour exprimer le résultat en g/L, la valeur est multipliée par 100%.

La sélection de la touche 100 - 0 permet de déterminer l'EST.

La sélection de la touche 0 - 100 permet de déterminer l'humidité.

## **III.4. Détermination du taux de chlorures :**

### III.4.1. Principe :

La détermination du taux de chlorures consiste en une destruction de la matière organique au moyen du permanganate de potassium et de l'acide nitrique, puis la détermination de la teneur des chlorures par titrage en présence du sulfate double d'ammonium et de fer III ( $\text{Fe}^{3+}$ ) comme indicateur coloré.

#### III.4.2. Mode opératoire :

Dans un bêcher, introduire :

- 2g de fromage (broyé et débarrassé de sa croûte)
- 25 mL de  $\text{AgNO}_3$  (0.1N)
- 25 mL de  $\text{HNO}_3$  65% (0.01N)
- Chauffer le contenu jusqu'à coloration jaune citron
- Ajouter 15 mL de  $\text{KMnO}_4$  75% jusqu'à l'obtention d'un liquide clair
- Ajouter 5 mL de l'Alun de fer à 38% et 100mL d'eau distillée
- Titrer avec le thiocyanate d'ammonium jusqu'à l'apparition de la couleur rouge brique.

#### III.4.3. Expression des résultats :

La teneur en chlorure est exprimée selon la formule suivante :

$25 =$  Volume en mL d' $\text{AgNO}_3$ .

$V =$  Volume en mL du thiocyanate d'ammonium (0,1N).

$P =$  Prise d'essai (g).

0,585 = est obtenu à partir de la masse moléculaire de  $\text{NaCl}$  multiplié par la normalité du nitrate d'argent et celle de thiocyanate d'ammonium.

### **IV. Analyses microbiologiques :**

Différents types de germes sont rencontrés lors des analyses microbiologiques du camembert :

- \* Les germes utilisés dans l'élaboration et la transformation du produit.
- \* Les germes qui assurent le développement de sa qualité organoleptique.
- \* Les germes néfastes pour la qualité de l'aliment qui sont dangereux pour la santé du consommateur.

#### IV.1. But du contrôle :

Le contrôle microbiologique a pour but de détecter la présence de la flore Indésirable dans le produit pour s'assurer de sa qualité.

#### IV.2. L'échantillonnage :

Avant d'effectuer une analyse microbiologique, il faut d'abord définir le niveau et les conditions du prélèvement.

Le prélèvement des échantillons se fait avec précaution (condition d'aseptise), pour éviter toute modification de la microflore du produit.

Le prélèvement est opéré de telle sorte à ne pas apporter de

Microorganismes étrangers et de manière à avoir un échantillon représentatif du lot étudié.

#### **IV.3. Les différents germes recherchés:**

##### **\*Recherche et dénombrements de *Staphylococcus aureus* (J.O.R.A, 1998) :**

Définition :

Ce sont des germes saprophytes de la peau et des muqueuses des êtres vivants.

Ce sont des agents de contamination par manipulation appartenant à la famille des *Micrococcaceae*, gram+.

Mode opératoire :

1 mL de l'échantillon est introduit dans un tube à essai stérile auquel sont ajoutés 15 mL du milieu Giolitti Contoni. Le tube est ensuite incubé à 37°C pendant 24h.

Expression des résultats :

Les tubes qui virent au noir sont considérés positif, ainsi des isolements sont effectués sur milieu Chapman.

Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont de tailles moyennes, lisses et pigmentées en jaune.

Recherche du caractère pathogène :

Cette recherche s'effectue à l'aide du test de la coagulas (plasma du lapin). Le test consiste à introduire une colonie suspecte dans un tube rempli de 10 gouttes de plasma du lapin.

Incuber à 30°C pendant 2 à 4 heures.

Si le tube coagule, donc il y a présence de *Staphylococcus aureus*.

**\*Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (J.O.R.A, 1998) :**

Définition :

Selon la définition ISO, les coliformes sont des bacilles à gram-, non sporulés, oxydase-, aérobies ou anaérobies facultatives et lactose positif, leur présence dans les aliments traduit une contamination fécale par le manque d'hygiène (Bourgeois et al., 1996).

Mode opératoire :

Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution car :

- La première série sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

Le test consiste à porter aseptiquement 1mL de chaque dilution ( $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ ) dans une boîte de pétrie, puis couler en double couche avec la gélose VRBL (gélose lactose biliée au vert brillant et au rouge de phénol).

Les boîtes seront ensuite incubées pendant 24h à 48h à :

- 37°C pour la recherche des coliformes totaux.
- 44°C pour la recherche des coliformes fécaux.

Expression des résultats

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé.

Selon le test de confirmation, les tubes considérés comme positifs (test +) sont ceux qui présentent à la fois :

- Un dégagement gazeux dans les tubes de VBL.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de KOVACS dans le tube d'eau peptonée exempte d'indole.

**\*Recherche et dénombrement des *Streptocoques* du groupe**

**«D» (J.O.R.A, 1998) :**

Définition :

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques de groupe « D » appartiennent à la famille des *Streptococaceae*. Ce sont des bactéries gram+, groupées en chaînettes, aérobies facultatives et catalase-.

Les *Streptocoques* fécaux ont une origine fécale. Ce sont des indices de contamination fécale récente. Ainsi leur présence dans les produits alimentaires serait liée à un défaut d'hygiène ou à une défaillance au niveau de la pasteurisation (Bourgeois et *al.*, 1996).

Mode opératoire

a- Test de présomption

Préparer les dilutions et les répartir dans les tubes Rothe S/C, puis incuber à 37°C pendant 48 h.

S'il y a présence de trouble dans les tubes donc le test de présomption est positif.

b-Test de confirmation

Prendre 1 à 2 gouttes de chaque tube positif et repiquer dans des tubes d'EVA (Ethyle, Violet, Azide). Les tubes sont considérés positifs, s'il y a présence d'une pastille violette au fond.

c- Confirmation du groupe « D »

Dans chaque tube d'EVA positif, tremper le bout d'une pipette et faire une piqûre dans la gélose jusqu'au fond, puis retirer doucement en faisant de la strie.

Ensuite, incuber à 37°C pendant 24 à 48h.

**\*Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito**

## **réducteurs (J.O.R.A, 1998) :**

Définition :

Les *Clostridium*s appartiennent à la famille des *bacillales*, Gram+, anaérobie strict, catalase-, gazogène et sporulés. Ce sont des hôtes de l'intestin de l'Homme et de certains animaux mais ont également une origine tellurique.

Les Spores ont une grande résistance dans les milieux naturels, leurs présences dans les produits alimentaires est un indice de contamination fécale ancienne, qui est à l'origine des infections alimentaires (Larpen, 1997).

Mode opératoire :

Prendre 20 mL de la solution mère et répartir dans quatre tubes stériles (5mL de la solution à analyser). Chauffer les tubes à 80°C pendant 10 min, puis refroidir aussitôt sous le robinet.

Cette opération consiste à éliminer toutes les formes végétatives et ne laisser que les spores. Ajouter ensuite la gélose viande fois fondue à 90°C puis refroidir au bain d'eau à 45°C, puis ajouter les additifs (Alun de fer et le Sulfite de sodium) dans les tubes. Ensuite incuber à 37°C pendant 24h à 48h.

Expression des résultats :

Les tubes qui contiennent des colonies noires sont considérés positifs.

## **\*Recherche et dénombrement des levures et des moisissures (J.O.R.A 1998) :**

Définition

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques dont la présence dans les produits alimentaires n'est pas souhaitée. En effet, ils

provoquent des accidents organoleptiques tels que : l'altération du goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la durée de conservation des produits (Guiraud et Galzy, 1980).

Mode opératoire

Préparer les différentes dilutions et les répartir dans des boîtes de Pétries

recouvertes de la gélose en suspension à 90°C et refroidir à 45°C, puis incuber à 30°C pendant 4 à 5 jours.

### ∞ :Analyses organoleptiques :

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité d'un produit. L'analyse organoleptique d'un produit est bien évidemment incontournable. Néanmoins, elle est insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel (Luquet et corrieu ;2005 )

L'analyse organoleptique s'est faite par un test de dégustation au biais d'un jury formé de 25 personnes d'âge et de sexe différent .Chaque dégustateur donne son jugement séparément des autres et porte son avis sur une fiche de dégustation « Annexe 5,fiche n°2 » qui classe les paramètres :Aspect , texture , gout , odeur couleur et appréciation globale , sur une échelle de 1 à 5 .

Selon BOURGEOIS et LEVEAU (1991) le contrôle organoleptique doit porter sur les points suivant :

- L'apparence (forme et couleur) relevant de vision.
- La flaveur (aromes et saveur) relevant de l'odeur et du gout
- La texture (résistance, consistance à la mastication) relevant du toucher .

### V : Résultats et discussion :

Les résultats de la pesée pour vérification du taux de sel sur le fromage sont représentés dans le tableau n°4 suivant :

Pièce	Position	Poids avant salage(gramme)	Poids après salage	Quantité de sel (gramme)
CD1220411	1	316	317	1
CD20220411	2	335	335	0
CA20260411	3	315	316	1
CB1030511	4	357	360	3
CC2030511	5	397	399	2
CA1070511	6	326	327	1
CA2130511	7	328	330	2
CA2160511	8	330	334	4
CB1220511	9	356	358	2
CB2220511	10	370	371	1
CD1240511	11	396	398	2
CA1020611	12	312	315	3
CA2020611	13	318	320	2
CB1140611	14	325	328	3
CB2140611	15	329	329	0
CC1220611	16	365	369	4
CD1220611	17	348	351	3
CA1280611	18	385	388	3
CC2280611	19	369	371	2
CD2300611	20	378	380	2

Légende : C :Camembert. D 1:lot. 22 04 11 :la date de pesée.

Les résultats de la pesée ont permis de faire ressortir les observations suivantes :

- \* nous avons constaté que la quantité de sel semble insuffisante.
- \* qu'il n'y a pas d'homogénéité sur la répartition du sel sur le fromage.

### **V.1 : Analyses physico-chimiques du camembert :**

V.1.1 : Analyses physico-chimiques au stade (J=0 ) échantillon témoin :

Le tableau N°5 représente les résultats des analyses physico-chimiques effectués sur le produit fini juste après salage.

Paramètre	Echantillon (président)	Normes interne
Taux de chlorure (%)	1.3	1.4-1.5
MG (g/L)	19,4	20-22

EST (%)	43,05	44
pH	3.9	4-4.9

Les résultats des analyses physico-chimiques du camembert montrent la non conformité de tous les paramètres avec les normes internes de l'entreprise ce qui atteste la non maîtrise de l'étape salage.

En effet, nous avons remarqué que les taux de chlorures étaient légèrement inférieurs aux normes internes du laboratoire (1,3 vs 1.5%). Ce résultat peut être expliqué par un salage insuffisant.

Pour la matière grasse, le fromage contient un taux légèrement inférieur à la norme (19,4 vs 20-22 g/L). Ceci, peut être expliqué par les pertes en matière grasse dans le sérum au cours de l'égouttage qui est assez poussé.

La valeur de l'Extrait Sec Total (43,05%) est légèrement inférieure à la norme. Ces résultats pourraient être attribués à des pertes de matière sèche dans le lactosérum dues à une mauvaise homogénéisation du sel lors du salage.

Selon Weber (1990), lorsque les laits sont pauvres en matières minérales, on obtient des caillés plus fragiles et les pertes fines dans le lactosérum sont élevées.

Pour le pH, nous remarquons que le camembert est légèrement acide.

Il ya eu probablement la transformation du lactose en acide lactique du fait « .de la quantité insuffisante en sel.

Ces non conformités sont à notre avis dues à un problème technique au niveau de l'entreprise et non pas à un problème d'hygiène.

Partant de cette hypothèse, nous avons essayé d'y remédier en augmentant la fréquence du rouleau de sel de 33 à 38Hz.

Puis nous avons refait les analyses physico-chimiques du camembert.

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés dans le tableau VI suivant :

Tableau N°6 : Résultats d'analyses physico-chimiques du camembert après réglage :

Paramètre	Echantillon	Normes internes
MG (g/L)	20	20-22
Taux de chlorure (%)	1,43	1.4-1.5
EST (%)	43,05	43-44
pH	4.54	4.4-4.9

Les résultats du tableau n°6 ont montré que : le taux de la matière grasse, taux de chlorures, l'extrait sec total et le pH sont conformes aux normes de l'entreprise.

De même, nous avons observé que la répartition du sel sur notre fromage paraissait plus homogène.

Partant de ces observations, nous avons gardé cette fréquence du salage pour le reste des échantillons ; et nous avons entrepris un suivi des paramètres physico-chimiques du camembert.

Les résultats sont regroupés dans le tableau VII .

V.1.2 : Suivi de la conservation du camembert après maîtrise du salage :

V.1.2.a : Extrait Sec Total :

Les résultats des analyses de l'extrait sec total du camembert après maîtrise du salage au cours de 60journs sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau n°7 : Résultats des analyses de l'EST (%) :

produit t(j)	0j	6j	15j	30j	60**j	Normes*
Extrait sec total(%)	43.05	43.23	43.58	44	44.02	43-44

\* : Normes internes de la laiterie (LBT)

\*\* : DLC (Date Limite conservation)

La figure suivante représente l'évolution de l'extrait sec au cours de la conservation

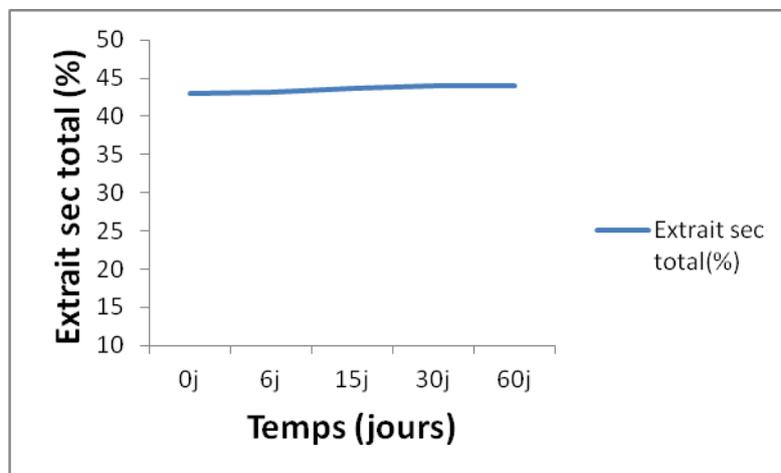


Figure 14: Evolution de l'extrait sec total (%) au cours de la conservation

D'après la figure ci-dessus nous notons une augmentation de l'extrait sec au cours du stockage, cependant cette augmentation reste acceptable du fait que les valeurs obtenues se situent toujours dans l'intervalle des normes de l'entreprise pour même après deux semaines de la DLC.

L'augmentation de la valeur de L'EST au cours de l'affinage est probablement due selon Larcher(2000) à la non dégradation des protéines : les sels inhibent la protéolyse et l'activité protéase et peptidase des micro-organismes .

#### V.1.2.B : matière Grasse (MG%) :

Les résultats des analyses de la matière grasse du camembert sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableaux n°8 : Résultats des analyses de la matière grasse (%) :

produit t(j)	0j	6j	15j	30j	60j**	Normes*
Camembert	20	21.75	21.70	21.69	21.65	20-22

\* : Normes internes de la laiterie (LBT)

\*\* : DLC (Date Limite conservation)

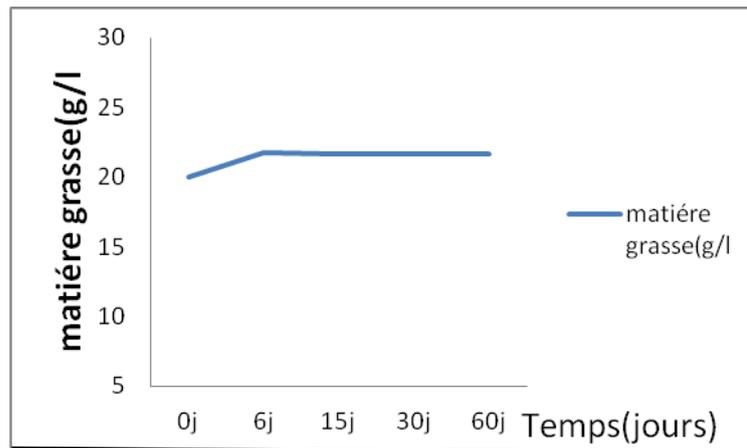


Figure 15: Evolution de la matière grasse au cours l'affinage

D'après la figure ci-dessus, nous constatons une baisse du taux de la matière grasse dès le 6 jour d'affinage.

Cela est du évidement à l'addition du sel.

Au cours de l'affinage du camembert, nous remarquons que la matière grasse continue à baisser pour atteindre une valeur de 20.5g/L au bout de 60 jours de conservation.

Selon Larcher (2000), l'hydrolyse de la matière grasse : la lipolyse, est une étape qui suit l'activité enzymatique des lipases qui hydrolysent les triglycérides insolubles en acides gras dans le fromage.

#### V.1.2.c.PH :

Les résultats des analyses du pH figurent dans le tableau n°9 et la figure 16 :

produit t(j)	0j	6j	15j	30j	60j**	Normes*
Camembert	4.54	4.62	4.57	4.52	4.50	4.4-4.7

\* : Normes internes de la laiterie (LBT)

\*\* : DLC (Date Limite conservation)

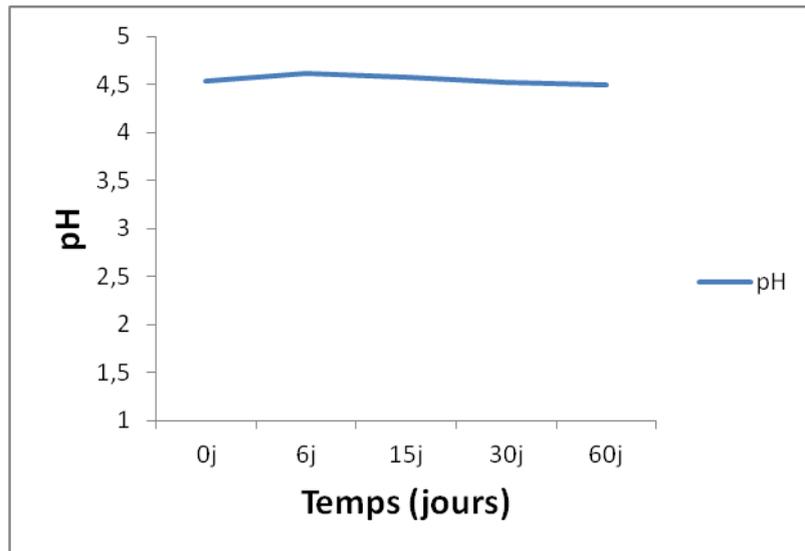


Figure 16: Evolution de PH au cours de l'affinage

Les résultats montrent qu'il y a une diminution progressive du PH du camebert « président » mais qui reste toujours acceptable vu que la valeur finale correspond aux normes établies par la laiterie pensant la durée de consommation .

Les travaux de RIAHI (2006) montrent que la principale transformation du lactose est sa conversion en acide lactique par les bactéries lactiques et selon l'archer (2002) la conversion du lactose en lactate entraîne une chute de pH .

#### V.1.2.d.Taux de chlorures (%):

Les résultats des analyses du taux de sel figurent dans le tableau n°10 et la figure n°17.

Produits jours	6jours	15jours	30jours	60jours*	75jours	Normes*

Taux de chlorures(%)	1.49	1.48	1.44	1.43	1.41	1.4-1.5 %
----------------------	------	------	------	------	------	-----------

\* : Normes internes de la laiterie (LBT)

\*\* : DLC (Date Limite conservation)

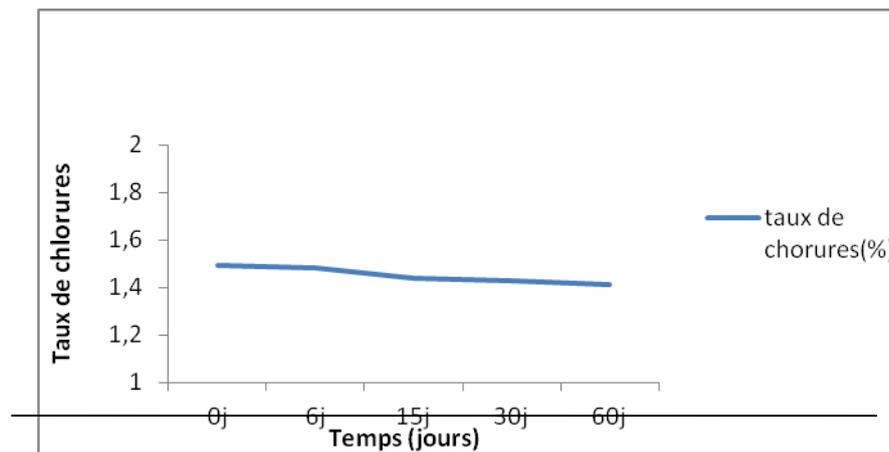


Figure n°17: Evolution de taux de sel (%) au cours de l'affinage

D'après la figure ci-dessus, nous remarquons que l'évolution des taux de chlorures dans le fromage est conforme à la norme (1.4-1.5%) de c

Selon Weber (1990), lorsque les laits sont pauvres en matière minérales, on obtient des caillés plus fragiles et les pertes fines dans le lactosérum sont élevées.

## V.2. Analyses microbiologiques du camembert :

### V.2.1. Résultats des analyses microbiologiques du camembert:

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n° 11: Résultats des analyses microbiologiques du camembert au temps (j=0).

	Germes	Moyenne	Normes	
des	Coliformes totaux	ABS	10	D'après les normes du journal officiel algérien (1998), les résultats analyses microbiologiques du camembert dévoilent l'absence totale de germes pathogènes et
	Coliformes fécaux	Abs	1	
	Staphylococcus Aureus	Abs	10	
	Stréptocoques fécaux	Abs	-	
	levures & moisissures	Abs	-	
		Abs	-	
		Abs	-	

d'altération .Cette absence totale nous renseigne bien sur les conditions d'hygiène des locaux, du matériel et de qualité des produits utilisés lors de la fabrication.

V.2.2 : Suivi microbiologique du camembert lors de l'affinage :

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert au cours de 60jours sont résumés dans les tableaux suivants :

**Tableau n°12** : Résultats de suivi des analyses microbiologiques du camembert au cours de l'affinage

Germes \ Jours	0jours	6jours	15jours	30jours	60jours**	Normes*
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	10
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	1
Staphylococcus Auréus	0	0	0	0	0	10
Streptocoques fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-
Levures&moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-

\*Normes algériennes publiées dans le journal officiel n°35-1998.

Abs : Absence.

\*\* : DLC (Date Limite Conservation).

Un produit donné est jugé principalement selon sa qualité microbiologique. En effet, il doit être sans danger pour le consommateur et capable de supporter une durée précise de conservation.

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie de la laiterie montrent une absence totale de tous les germes durant toute la durée de conservation (60 jours).

Cette bonne qualité du camembert est due à :

- La maîtrise du processus de salage-affinage.
- La maîtrise du processus de fabrication du camembert.
- Le respect des conditions d'hygiène.

### **V.3 : Test de dégustation :**

Le camembert a été soumis à la dégustation le 20 septembre 2011 par un jury composé de 25 personnes choisies au hasard.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse organoleptique.

Tableau n°13 : Résultats de l'analyse organoleptique :

Dégustateur	Sexe	Age	Couleur	Odeur	Texture	Gout	Aspect	Appréciation globale
1	H	06	4	4	3	2	2	3
2	H	40	1	2	2	2	2	3

3	F	50	5	5	4	5	4	2
4	F	59	2	4	2	5	4	2
5	F	12	1	2	2	5	4	3
6	F	22	3	2	2	4	2	3
7	F	13	2	3	2	5	2	3
8	H	10	4	4	4	4	4	3
9	F	23	3	4	4	2	4	5
10	H	09	2	3	2	4	2	2
11	F	25	1	2	2	2	2	5
12	F	23	3	2	4	3	4	5
13	F	43	3	4	1	4	4	4
14	H	26	3	3	2	4	5	5
15	F	12	3	4	3	5	2	4
16	F	21	3	4	4	2	5	4
17	H	17	5	4	4	1	5	4
18	F	15	3	5	5	4	4	5
19	F	37	3	4	3	5	4	4
20	H	19	3	4	4	4	5	4
21	F	65	2	4	2	2	5	5
22	H	07	3	3	4	2	3	1
23	F	10	2	5	3	3	3	5
24	F	62	5	4	4	4	5	4
25	H	23	3	3	4	5	5	5

### 3.1 :La couleur :

La couleur est le premier paramètre à être évalué sachant que l'observateur lui accorde une très grande importance et ceci pour apprécier la qualité et la fraîcheur d'un produit figure n°19.

La couleur a été jugée « bonne » par 48% de dégustateurs, alors que 20% l'ont qualifiée « Acceptable » . 12% « excellente » et 12% « mauvaise » e 8% de « très bonne ».

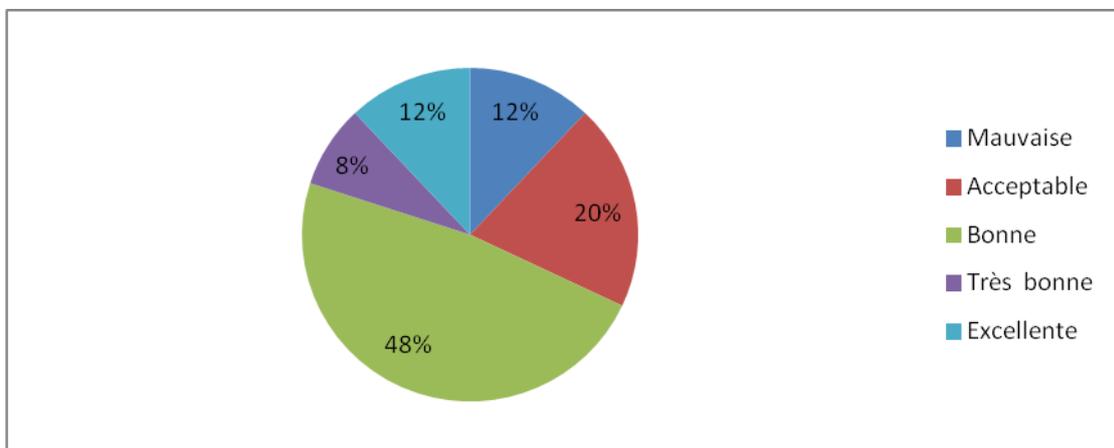


Figure 18:Résultats de l'évaluation de la couleur par le jury de dégustation

### 3.2 :L'odeur :

L'odeur possède un impacte considérable sur l'appréciation finale du produit « figure 20 ».La majorité des dégustateurs ont jugé l'odeur « Bonne » .

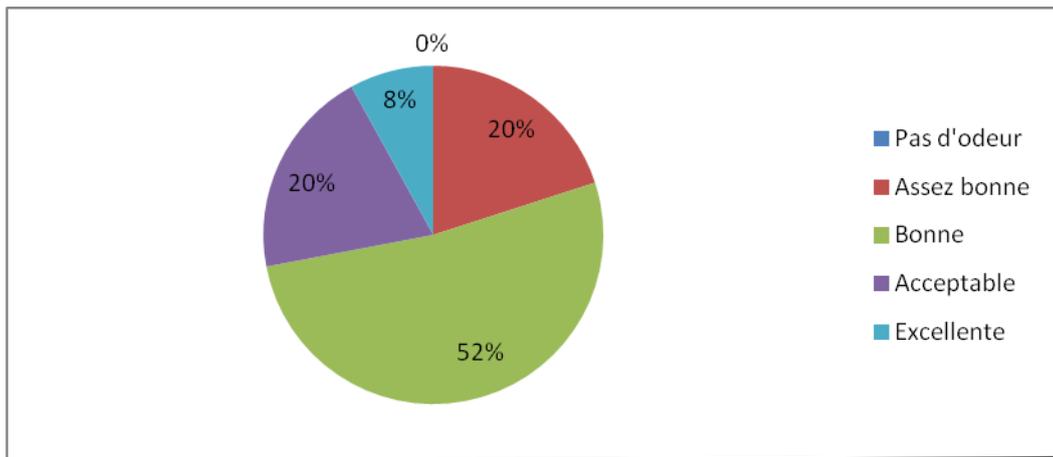


Figure 19:Résultats de l'évaluation de l'odeur par le jury de dégustation

### 3.3 :Le gout :

Pour la majorité des dégustateurs « Figure 21» , le gout à été qualifié de « bien salé ».

Cette perception pourrait être due au taux suffisant de sel .

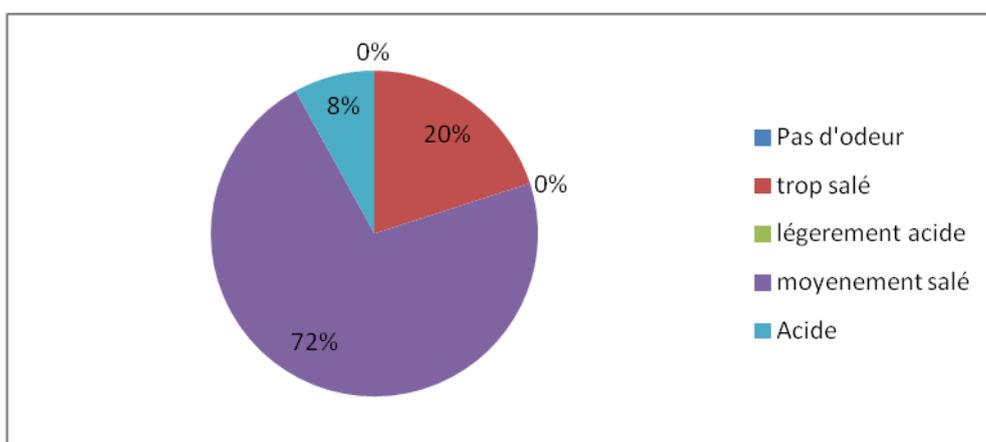


Figure 20:Résultats de l'évaluation du gout par les dégustateurs

### 3.4 :la texture :

La texture d'un camembert peut être « Cassante, Ferme, Molle, Granuleuse, Sableuse, Farineuse, collante, tendre... ».

Et pour faciliter les choses sur les dégustateurs on a préféré d'utiliser des termes plus simples « Bonne, Mauvaise ».

Pour la majorité des dégustateur la texture a été jugée de « Bonne :40 %» et « Acceptable :36 %».

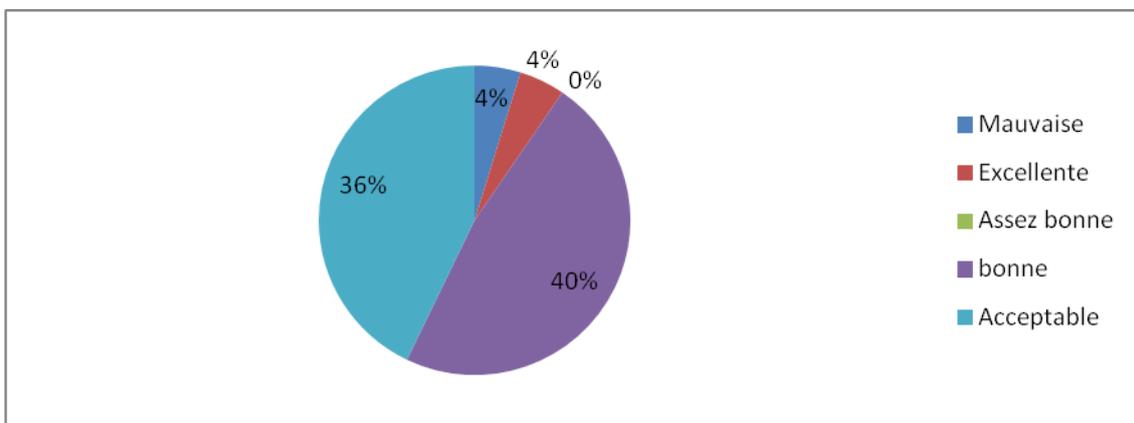


Figure 21: Résultats de l'évaluation de la texture par les dégustateurs

### 3.5 :L'aspect :

L'aspect est un paramètre indispensable à l'administration et l'évaluation d'un point de vue général de l'apparence et la forme du produit fini .Le camembert montre un aspect homogène et régulier (Figue23).Il a été jugé par la majorité des dégustateurs comme étant « bon ».

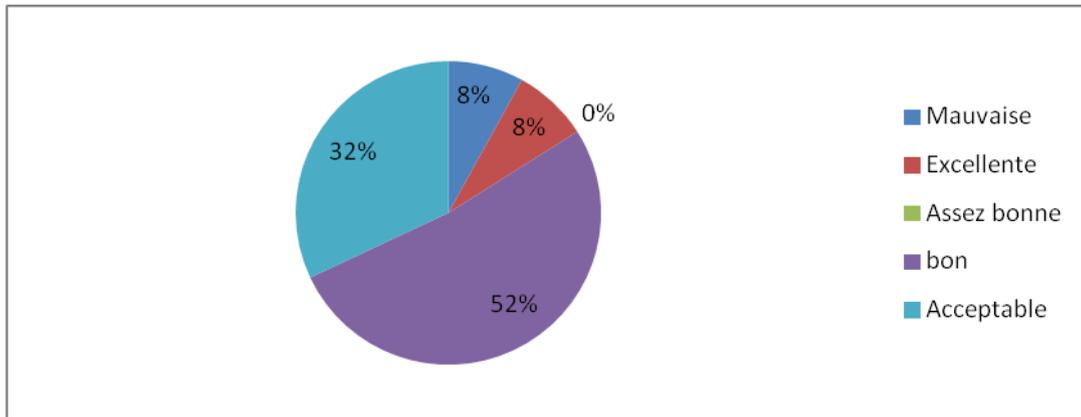


Figure 22:Résultats de l'évaluation de L'aspect par les dégustateurs

### 3.6 :L'appréciation globale :

L'appréciation globale du camembert reflète son admissibilité par le dégustateur .C'est un paramètre déterminant qui joue un rôle très important quand à son intégration dans les différents régimes alimentaires (Figure 24) .

Notre produit est qualifié excellent (24%) et moyen (20%) , et près de 44% de dégustateurs l'ont jugé « Bon ».

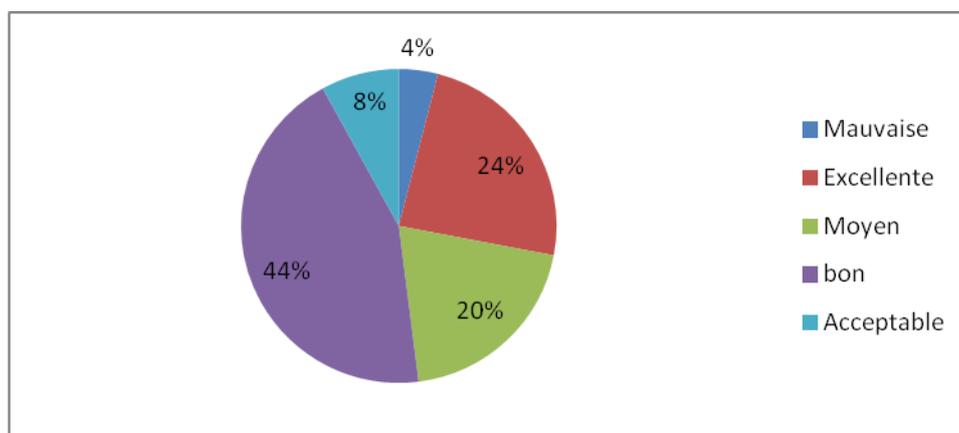


Figure 23:Résultats de l'évaluation de L'appréciation globale par les dégustateurs

## Conclusion :

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique du camembert, nous avons dans un premier temps voulu vérifier le taux de sel et la fréquence du rouleau de sel avec un nettoyage de la saleuse.

En effet, il est admis que l'adjonction de sels dans les fromages ont pour but de favoriser l'équilibre salin, améliorer la coagulation et apporter le gout caractéristique du fromage, tout en agissant sur l'activité de l'eau superficielle.

Suite à nos résultats, nous avons remarqué que les taux de chlorures étaient légèrement inférieurs aux normes internes du laboratoire (1,3 vs 1.5%). Ce résultat peut être expliqué par un salage insuffisant.

Pour la matière grasse, le fromage contient un taux légèrement inférieur à la norme (19,4 vs 20-22 g/L). Ceci, peut être expliqué par les pertes en matière grasse dans le sérum au cours de l'égouttage qui est assez poussé.

La valeur de l'Extrait Sec Total (43,05%) est légèrement inférieure à la norme. Ces résultats pourraient être attribués à des pertes de matière sèche dans le lactosérum dues à une mauvaise homogénéisation du sel lors du salage.

Pour le pH, nous remarquons que le camembert est légèrement acide. Il ya eu probablement la transformation du lactose en acide lactique du fait de la quantité insuffisante en sel.

Ces résultats non conformes observés sont à notre avis dus à un problème plutôt technique au niveau de l'entreprise qu'un problème d'hygiène.

Partant de cette hypothèse, nous avons essayé d'y remédier en augmentant la fréquence du rouleau de sel de 33 à 38Hz.

En comparant les résultats obtenus sur le camembert salé par nos soins avec ceux du camembert moins salé (produit de l'usine) qui a tout de même montré une grande stabilité (microbiologique et physico-chimique) au cours de sa conservation 6°C; le camembert salé selon la méthode recommandée reflète une innocuité microbiologique totale au cours de sa conservation (60jours) et même après sa DLC .

Cependant l'ajout de sel en quantité suffisante a eu une influence sur les paramètres physico-chimiques du camembert qui s'est traduite par une augmentation remarquable de l'extrait sec total ( 43.70%), une diminution de la matière grasse (3.75%), valeur inférieure aux normes du laboratoire.

Nous pensons qu'il serait nécessaire d'augmenter le taux de la matière grasse en cas d'une application industrielle. Les résultats enregistrés pour le PH montrent également une légère diminution variant de 4,62 à 4,50.

Concernant le taux de chlorures, nous remarquons que leurs évolution dans le fromage a été stable puisque nous l'avons trouvé conforme à la norme (1.4-1.5 ).

L'introduction de sel a été faite à raison de 14% et l'évaluation du Camembert par le jury de dégustation du camembert a révélé une bonne acceptabilité par le jury de dégustation (44% :bon et 24% : excellent ).

### **Perspectives :**

Nous recommandons de poursuivre et d'approfondir cette étude en abordant les points suivant :

- Détermination la valeur optimale du sel à ajouter.
- Propositions de techniques nouvelles de salage.
- Elargissement du champ d'utilisation du salage a sec.
- d'autres machines de salage peuvent être étudiés afin d'optimiser cette opération.

# Références bibliographiques

---

- 1.AFNOR. (1980)** : Lait et produit laitier. Méthode d'analyses recueil des normes françaises.
- 2.ACKER L.W (1996)**. Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques de la biologie de l'affinage ; in : « le fromage » technique et documentation, Lavoisier, 3<sup>ème</sup> édition, Paris.
- 3.ADDA J et DUMONT J.P. (1974)**. Les substances responsables de l'arôme des fromages à pâtes molles .lait ; 531 ; 1-21.
- 4. BARS – BAILY SL, BAILY JD et BRUGERE. (1979)**: Hygiène et industrie des aliments. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse. 23 chemin des Capelles, F – 31075 Toulouse CODEX 3.P.p.12.
- 5. BOUDIER. JP, et LUQUET. FM. (1981)** : Dictionnaire laitier. Edition technique et documentation. Lavoisier. P. 220.
- 6. BOUREGOISE. CM et LARPENT. (1989)** : Microbiologie alimentaire.Tome 2 .Pp. 31, 34.
- 7. BOURGEOISE. CM, MESCLE F et ZUCCA J. (1996)** : microbiologie alimentaire. Technique et documentation, tome1/ aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. P. 259.
- 8. BOTTON B, BRETTON A, FEVR M, GAUTHIERPH, LARPENT J.P, RAYMAND P, SANGHIERJ.J, NAYSSIERY et VEAUP. (1990)** : Les moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Edition Masson (2<sup>ème</sup> édition).
- 9. CAROLE L et VIGNOLA. (2002)** : Science et technologie du lait. Transformation du lait. Pp. 298 – 299.
- 10. CHEFTEL. JC et CHEFTEL H. (1980)** : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Edition technique et documentation Lavoisier. Paris. Pp.35 – 59.
- 11 CODEX alimentarius. (1996)** : Programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaires et l'agriculture Organisation Mondiale de la Santé. 2<sup>ème</sup> édition.
- 12.CHOISY C. ; DESMAZEAUD M; GRIPON J.C .LAMBERET G.LENOIR**

**J .et TOURNEUR C. (1984).** Les phénomènes microbiologiques et la biochimie de l'affinage ; in : « Le Fromage ». Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

**13. DESFLEURES M. (1980) :** Accident et défaut des fromages à pâte molle remèdes à apporter. Publication de la société Lacto – France.

**14. DESNOUVEAUX R. DRIUO A. et LINDEN C. (1986).** Point actuel sur le rôle des enzymes dans la maturation et l'affinage des fromages. Industrie Agricole et Alimentaire, II 2, 91 1—92 I

**15. ECK ANDRE. (1987) :** Le fromage, Lavoisier, 2eme édition, Paris. P. 529.

**16. ECK ANDRE. (1990) :** Le fromage, Lavoisier, 2eme édition, paris. P. 539.

**17. ECK ANDRE. (1997) :** Le fromage, Lavoisier, 4eme édition, Paris. P. 875.

**18. ECK et GILLIS JC. (2006) :** Le fromage, Lavoisier, 3eme édition, Paris. P.874.

**19. Eck A, Gillis JC (2006):** Cheesemaking. From science to quality assurance. 2nd Ed., Intercept Ltd Andover, UK (2000)

**20. GAUCHERON F. (2004) :** Minéraux et produits laitiers, Lavoisier. P.494.

**21. GUIRAUD J et GALZY P. (1980) :** Les analyses microbiologiques dans les industries agroalimentaires. Edition de l'usine nouvelle. Paris. P.236.

**22. GUIRAUD JP. (1998) :** Microbiologie alimentaire. Edition DUNOD, 4eme édition. Pp. 386 – 428.

**23. GUENGUEN M. DELEPAUL et LE NOIR. J., (1974)., GUILLOU H. PELLISIER J.P .et GRAPPIN (1986).** Méthodes de dosage des protéines dulait de vache. Lait, 66,143-175.

**24. JACQUES M. (1998):** Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et documentation. P. 338.

**25. Journal Officiel de la République Algérienne, N°35, 1998:** Lait et produits laitiers.

**26. KOSIKOVSKI F. (1985) :** Les fromages pour la science. Pp 56-58.

**27. KIKUCHI T et TAKAFUJI S. (1971).** Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques de la biochimie de l'affinage; in "Le Fromage". Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

**28. LARPENT JP. (1997) :** Microbiologie alimentaire, technique de

laboratoire.P.464.

**29. LEMENS P. (1985)** : Le lait de chèvre. Propriétés physico-chimiques nutritionnelles. In. Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1.

**30. LEQUEL FM.** Les laits de la mamelle à la laiterie. Edition techniques et documentation. Lavoisier. Pp 349-369.

**31. LENOIR J, LAMBERT G et SCHMIDT J.L. (1983)** : L'élaboration d'un fromage exemple camembert pour la science. Pp .93.

**32. LUQUET, FM. (1990)** : Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Transformation et technologie. Edition technique et documentation. Lavoisier (2eme édition. Tome 2). P.633.

**33. MAHAUT M, JEANTETM, BRULE G, SCHUCK P. (2000)** : Les produits industriels laitiers. Pp .180.

**34. MOLLIMARD P. (1994)** : L'amertume et fracto-azote de fromage à pâte molle. Type camembert. Revue le lait n°4.

**35. MIETTON B., DESMAZEAUD M., DE ROISSART H. et WEBER F. (1994).** Transformation du lait en fromage ; in " Les Bactéries Lactiques II Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris

**36. Mc SWEENEY P.L.K. and FOX P.F. (1997).** Chemical methods for characterization of proteolysis in cheese during ripening. Lait, 77, 41-76.

**37. RIBADEAU -DUMAS B., BRIGNON G., GROSCLAUD F. et MERCIER J.C. (1972).** Structure primaire de la caséine f3 (A2) bovine séquence complète. European Journal of Biochemistry 25, 505-514.

**38. RIBADEAU -DUMAS B., VASSAL et GRIPON. (1984).** Maîtrise de l'affinage des fromages de type *Camembert*. Lait, 64, 448-468.

**39. SCRIBAN R. (1999)** : Biotechnologie 5eme édition technique et documentation Lavoisier. Paris.

**40. THAPON JL. (2005)** : Technologie de la fabrication du lait Agro campus – Rennes (France). Pp. 51.

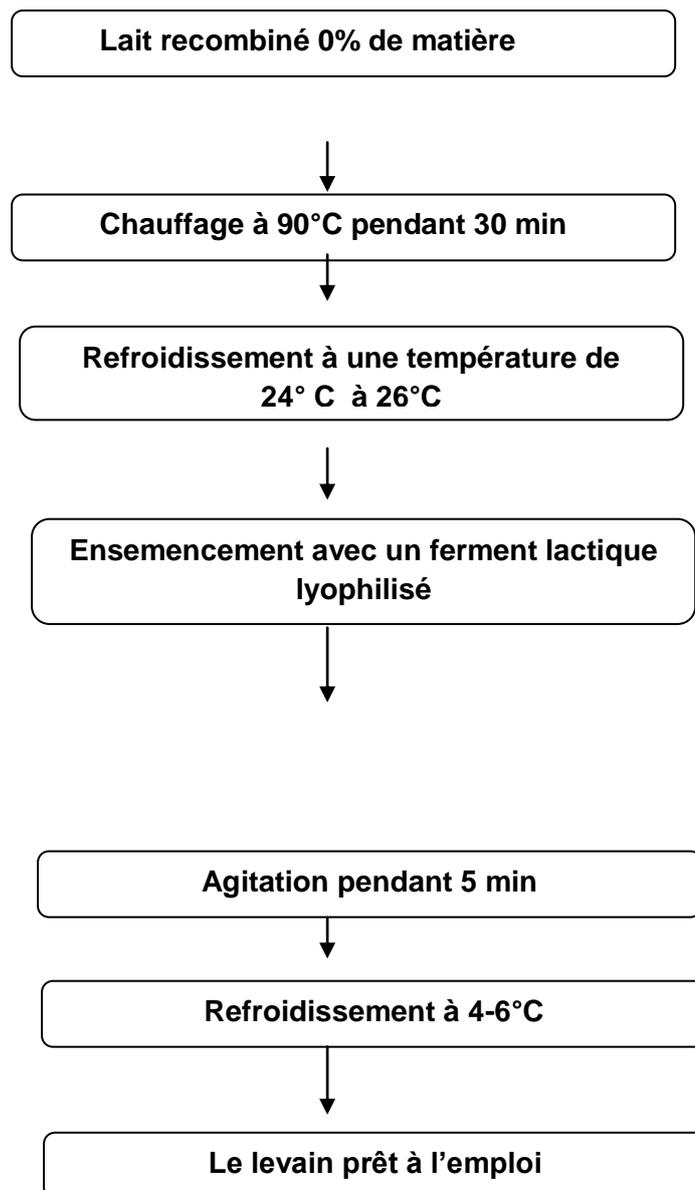
**41. VEISSEYRE R. (1975)** : Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La maison Rustique. Paris. P.692.

**42. WEBER F. (1990)** : Egouttage et coagulation. In: le fromage (ECK A, 1987). Edition technique et documentation Lavoisier. Pp. 22-36.

**Annexes :**

**Annexe 01:**

Diagramme de la fabrication du levain lactique au niveau de l'unité de L.B.T



## **Annexe 02 :**

### Préparation des solutions

- **NaOH (0,111N)** : 4,44g et compléter avec l'eau distillée pour avoir 1 litre.
  
- **Bromacerol** : 1g et compléter avec de l'eau distillée pour avoir 1L.
  
- **NOIR Erichrome (T : 1%)** : 100g dans 100mLd'eau distillée.
  
  
- **Solution Tampon Ammoniacale** :  
Dissoudre : - 54g chlorure d'ammonium.  
- 350mL d'ammoniac à 25%.  
Pour obtenir 1 litre, compléter avec l'eau distillée.
  
  
- **Complexons III EDTA : 0,001**  
- 3,721g EDTA.  
- Eau distillée pour avoir 1 litre.
  
  
- **Méthyle orange (0,1%)** :  
- méthyle orange : 2g.  
- 1litre d'eau distillée.
  
  
- **Acide sulfurique (0,1N) : (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)** :  
100mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N ajouter 1000mL d'eau distillée.  
Acide sulfurique (1N) :  
- 49g d'acide sulfurique  
-1000mLd'eau distillée.



