

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département de Biochimie-Microbiologie**



## **Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Biologie

Option : **Alimentation Humaine et Qualité des Produits**

### **Thème**

**Influence du rapport gras/sec sur le rendement final d'un  
fromage à pâte molle type camembert  
Fabriqué à la laiterie Draa Ben Khedda**

**Dirigé par :**

**M<sup>me</sup> Zennia S.**

**Présenté par :**

**M<sup>f</sup>: AMIAR Mohamed & M<sup>elle</sup>: BAICHE Loundja**

**Devant le jury :**

**Président : M<sup>f</sup> Sebbane. H**

*Maitre assistant à l'UMMTO. Classe A*

**Examineur : M<sup>me</sup> Bedouhene. S**

*Maitre assistante à l'UMMTO. Classe A*

**Examineur : M<sup>me</sup> Senoussi. C**

*Maitre assistante à l'UMMTO. Classe A*

***Soutenue le : 28/09/2015***

**Promotion : 2014 - 2015**

# Remerciements



*A l'issu de ce modeste travail, nous remercions dieu pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice **M<sup>me</sup> ZENNIA S.** de nous avoir donné l'honneur de nous encadrer.*

*Nos remerciements les plus respectueux sont adressés à **M<sup>r</sup> SEBBANE H.** pour son aide Précieuse durant le long de notre travail.*

*Nos remerciements vont à **M<sup>me</sup> Bedouhene. S** et **M<sup>me</sup> Senoussi. C** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos profonds respects pour l'ensemble du personnel du laboratoire de l'unité de D.B.K, ainsi qu'à tout le personnel de la production.*

*Notre profonde gratitude à **M<sup>r</sup> TAHIR** (directeur d'administration générale de l'unité de D.B.K) pour sa gentillesse et sa disponibilité.*

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

# *Dédicaces*

*Ce modeste travail, achevé*

*avec l'aide de Dieu le tout puissant,*

*je le dédie à toutes les personnes que j'aime :*

*A mes très chers parents qui ont tout*

*mis en œuvre pour que je réussisse.*

*A mon grand frère « Farid » et sa femme « Lila ».*

*A mon frère « Saïd ».*

*A mes meilleures sœurs:*

*« Chabha et son fiancé "Rachid", Samira, Louiza , Yasmîna,*

*Anissa et son fiancé "Mohamed" ».*

*A Ma binôme loundja , Je te remercie pour ta compréhension, tes  
encouragements et conseil.*

*A mes meilleures amis d'enfance « Sofiane, Karim... ».*

*A tout mes amis de la promotion 2014/2015.*

*A tout mes amis de la résidence universitaire Tamdaz*

*A toutes les personnes qui m'ont donné de l'aide*

*Mohamed*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont tout donné*

*Tout le long de mes études.*

*Ma sœur chérie **HAYET** et mes frères **AHMED**, **MUSTAPHA**,  
**MORAD** auxquels je souhaite beaucoup de bonheur et de succès*

*A mon petit frère **FARES** que j'aime énormément ;*

*Mes petits neveux **AMYES** et **IRIS**.*

*Surtout à ma très chère amie **SABRINA** avec laquelle j'ai partagé les  
meilleurs souvenirs de ma vie ;*

*Mon cher binôme bien sur*

*Tous mes amis, et à toute personne que j'aime.*

*Loundja*

**Introduction ..... 1**

**PREMIERE PARTIE : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE 1 : Le lait et le fromage**

**I. Le lait ..... 2**

1.1. Définition..... 2

1.2. Composition du lait ..... 2

1.2.1. Eau ..... 4

1.2.2. Matière grasse ..... 4

1.2.3. Protéines ..... 5

1.2.4. Lactose..... 8

1.2.5. Minéraux ..... 8

1.2.6. Vitamines..... 8

1.2.7. Enzymes ..... 9

1.3. Propriétés physico-chimiques du lait ..... 10

1.3.1. Densité et masse volumique ..... 10

1.3.2. pH ..... 10

1.3.3. Point d'ébullition ..... 11

1.3.4. Acidité du lait ..... 11

1.3.5. Point de congélation ..... 11

1.4. Valeur nutritionnelle du lait..... 12

1.5. Facteurs influençant la composition du lait ..... 12

1.5.1. Facteurs génétiques ..... 13

1.5.2. Stade de lactation..... 13

1.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage..... 13

1.5.4. Facteurs alimentaires ..... 13

1.5.5. Facteurs climatiques et saisonniers..... 14

**II. Fromage ..... 15**

2.1. Définition et composition du fromage..... 15

2.2. Classification des fromages ..... 17

2.3. Valeur nutritionnelle des fromages ..... 18

2.3.1. Valeur énergétique..... 18

2.3.2. Source de lipides ..... 18

2.3.3. Source de calcium ..... 18

2.3.4. La teneur en protéines..... 18

2.3.5. Source de vitamines ..... 18

**CHAPITRE 2 : Camembert**

<b>I. Camembert</b> .....	<b>20</b>
1.1. Historique .....	20
1.2. Définition.....	20
1.3. Composition et valeur nutritionnelle .....	20
<b>II. Technologie de fabrication du camembert</b> .....	<b>21</b>
2.1. Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert .....	21
2.1.1. Lait.....	21
2.1.1.1. Lait cru .....	21
2.1.1.2. Lait recombinaé .....	22
2.1.1.3. Lait en poudre .....	22
2.1.2. La matière grasse laitière anhydre (MGLA).....	22
2.1.3. L'eau de reconstitution .....	22
2.1.4. Les ingrédients.....	22
2.1.4.1. La présure .....	22
2.1.4.2. Les levains lactiques .....	22
2.1.4.3. Les levains fongiques.....	23
2.1.4.4. Les sels.....	23
2.2. Le processus technologique de la fabrication du camembert.....	23
2.2.1. Préparation du lait.....	23
2.2.1.1. Standardisation.....	23
2.2.1.2. Homogénéisation .....	24
2.2.1.3. Pasteurisation .....	24
2.2.2. Ensemencement et maturation.....	24
2.2.3. La fabrication proprement dite .....	24
2.2.3.1. Emprésurage .....	24
2.2.3.2. Coagulation.....	24
2.2.3.3. Moulage .....	24
2.2.3.4. Egouttage .....	25
2.2.3.5. Démoulage .....	25
2.2.4. Les étapes de finition du caillé .....	25
2.2.4.1. Salage.....	25
2.2.4.2. Ressuyage .....	25
2.2.4.3. Affinage .....	25
2.2.4.4. L'Emballage et le Conditionnement.....	26

<b>III. Influence du gras/sec sur le rendement final du camembert.....</b>	<b>26</b>
3.1. Définition du rendement fromager .....	26
3.2. Importance du contrôle de rendement fromager .....	27
3.3. Facteurs influençant le rendement fromager .....	27
3.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit .....	27
3.3.2. Richesse du lait en matières grasses.....	28
3.3.3. Richesse du lait en matière protéique .....	28
3.3.4. Traitement thermique du lait .....	28
3.4. Contrôle du rendement et l'origine des pertes.....	28
3.4.1. Egouttage trop poussé des caillés bottes.....	28
3.4.2. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé .....	29
3.4.3. Pertes de matière grasse.....	29
3.4.4. Perte de protéine .....	29
3.4.5. Pertes liées à l'entreposage du lait.....	30
3.4.6. Pertes liées au surpoids.....	30
3.5. Influence de la matière grasse sur le rendement.....	30

**DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE**

<b>I. Présentation de l'unité.....</b>	<b>32</b>
<b>II. Objectifs de l'étude .....</b>	<b>33</b>
<b>III. Echantillonnage .....</b>	<b>33</b>
<b>IV. Processus de fabrication du camembert .....</b>	<b>33</b>
4.1. Réception du lait à l'usine .....	33
4.2. Standardisation .....	34
4.3. Pasteurisation.....	34
4.4. Pré-maturation .....	34
4.5. Phase d'ensemencement-maturation .....	34
4.6. emprésurage et coagulation .....	35
4.7. Découpage et brassage .....	35
4.8. Moulage.....	36
4.9. Egouttage et retournement.....	37
4.10. Démoulage.....	38
4.11. Salage.....	38
4.12. Affinage .....	38
4.13. Conditionnement et emballage .....	39
<b>V. Matériels et méthodes .....</b>	<b>41</b>

---

5.1. Matériels .....	41
5.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques .....	41
5.2.1. Détermination de l'acidité titrable .....	42
5.2.2. Détermination du pH .....	43
5.2.3. Détermination de la densité .....	43
5.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse.....	44
5.2.5. Détermination de la teneur en Extrait Sec Total (EST), Extrait Sec Dégraissé (ESD) et l'humidité .....	45
5.2.6. Détermination du rapport matière sèche MG/MS du fromage.....	46
5.2.7. Détermination du taux de chlorure .....	46
5.2.8. Bilan des matières, rendement et taux de récupération .....	47
<b>VI. Résultats et discussion .....</b>	<b>49</b>
6.1. Résultats des analyses physicochimiques.....	49
6.1.1. Résultats de la matière première.....	49
6.1.2. Résultats du lactosérum .....	50
6.1.3. Résultats obtenus lors du démoulage.....	51
6.1.4. Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini .....	52
6.1.5. Rendements et taux de récupération .....	54
<b>VII. Analyse statistique.....</b>	<b>57</b>
7.1. Traitement statistique des résultats.....	57
<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>

### **Résumé**

Notre travail est porté sur la fabrication du camembert « Tassili » ainsi que le suivi des caractéristiques physico-chimique au cours du processus de fabrication.

Cette étude a été réalisée dans le but d'estimer les rendements en fromage fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda, après avoir fixé quelques paramètres et fait varier d'autres.

Cette dernière nous a permis de montrer l'influence du taux de la matière grasse sur le rendement final du camembert.

Ce rendement même est conditionné, essentiellement par la compétence professionnelle du fromager et par des facteurs relevant de la composition du lait en fabrication.

**Mots clés :** composition ; matière grasse ; processus de fabrication ; camembert ; rendement ; influence.

### **Summary**

Our work is focused on the manufacture of Camembert "Tassili" and monitoring of physico-chemical characteristics during the manufacturing process.

This study was made in order to estimate yields cheese produced at the dairy Draa Ben Khedda, after setting some parameters and varies others.

The latter allowed us to show the influence of the rate of fat on the final performance of the pie.

The same performance is conditioned mainly by the professional competence of the cheese producer and by factors relating to the composition of milk production.

**Keywords:** Composition; fat; manufacturing process; camembert; yield; influence.

## Liste des abréviations

**%** : pourcent

**µg** : microgramme

**µm** : micromètre

**AA** : Acide Aminé

**AG** : Acide Gras

**ANP** : apport non protéique

**Av. J-C** : avant Jésus Christ

**C°** : Degré Celsius.

**Ca** : calcium

**D.B.K** : Draa Ben Khedda

**D°** : Degré Dornic.

**D** : Densité

**ES** : extrait sec

**ESD** : Extrait Sec Dégraissé.

**EST** : Extrait Sec Total.

**g** : gramme

**h** : heure

**H** : Humidité.

**IgA** : immunoglobuline A

**IgG** : immunoglobuline G

**IgM** : immunoglobuline M

**kcal** : kilocalorie

**Kg** : kilogramme

**L** : litre

**MG** : Matière Grasse.

**mg** : milligramme

**MGLA** : matière grasse laitière anhydre

**ml** : millilitre

**mm** : millimètre

**N** : Normalité

**NA** : Norme Algérienne.

**P** : phosphore

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**R<sub>x</sub>** : Rendement Élémentaire.

**TB** : Taux Butyreux.

**TP** : Taux Protéiques.

**T<sub>x</sub>** : Taux de Récupération pour un élément X.

**Liste des tableaux**

<b>Tableau I:</b> Composition moyenne du lait entier.....	3
<b>Tableau II:</b> Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre.....	4
<b>Tableau III:</b> Classification des protéines.....	7
<b>Tableau IV:</b> Composition minérale du lait de vache.....	8
<b>Tableau V:</b> la composition vitaminique moyenne du lait cru.....	9
<b>Tableau VI:</b> Caractéristiques des principaux enzymes du lait.....	10
<b>Tableau VII:</b> Caractéristiques physicochimiques du lait.....	12
<b>Tableau VIII:</b> Composition moyenne comparée du lait et des fromages.....	16
<b>Tableau IX:</b> Composition du camembert pour 100 g du produit frais.....	20
<b>Tableau X :</b> Matériels.....	41
<b>Tableau XI:</b> Les différents points d'échantillonnage et leurs paramètres physicochimiques mesurés.....	42
<b>Tableau XII:</b> Résultats de l'analyse physicochimique du lait.....	49
<b>Tableau XIII:</b> Résultats des analyses physicochimiques du lactosérum.....	50
<b>Tableau XIV:</b> Résultats des analyses physicochimiques lors du démoulage.....	51
<b>Tableau XV :</b> Résultats des analyses physicochimiques lors de la fixation de la MG.....	52
<b>Tableau XVI:</b> Résultats des analyses physicochimiques lors de la fixation de l'EST.....	53
<b>Tableau XVII:</b> Résultats moyens des rendements et des taux de récupérations.....	54
<b>Tableau XVIII :</b> Analyse de la variance du rendement lors de la fixation de l'EST.....	57
<b>Tableau XIX :</b> Analyse de la variance du rendement lors de la fixation de la MG.....	57
<b>Tableau XX :</b> Normes fixées par l'unité pour les éléments du lait destinés à la fromagerie.....	ANNEXE 1

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Composition de la matière grasse du lait.....	5
<b>Figure 2:</b> Structure d'une sub-micelle caséique .....	6
<b>Figure 3:</b> Classification didactique des fromages .....	17
<b>Figure 4 :</b> S.P.A laiterie Draa Ben Khedda .....	31
<b>Figure 5 :</b> le lait à la réception.....	33
<b>Figure 6:</b> phase de coagulation.....	35
<b>Figure 7:</b> opération du découpage .....	36
<b>Figure 8:</b> opération de brassage.....	36
<b>Figure 9:</b> les moules utilisés à l'unité.....	37
<b>Figure 10:</b> Opération du moulage.....	37
<b>Figure 11:</b> Opération des retournements .....	38
<b>Figure 12:</b> Opération du salage .....	38
<b>Figure 13:</b> l'affinage.....	39
<b>Figure 14:</b> Conditionnement et emballage .....	39
<b>Figure 15:</b> Diagramme de fabrication du camembert « Tassili» à l'unité DBK .....	40
<b>Figure 16 :</b> fixation de la MG à 33 g/l.....	55
<b>Figure 17 :</b> fixation de l'EST à 119 g/l .....	56

# **Introduction**

## **Introduction**

Depuis longtemps, le lait est un aliment de grande valeur nutritionnel (complet), mais périssable, cherchant à le rendre plus ou moins conservable, l'homme est arrivé à découvrir que la transformation du lait en fromage est un moyen simple de garder les composants nutritifs du lait.

Selon **MAHAUT *et al.*, (2000)** il existe environ 2000 variétés de fromages dans le monde, dérivants d'une vingtaine de types élaborés selon une technique de base commune. Parmi ces variétés, on trouve le camembert qui est un fromage à pâte molle à base de lait cru, qui est probablement l'un des fromages les plus consommés et appréciés.

La qualité finale du camembert est intimement liée à toutes les matières premières mises en œuvre ; elle est largement influencée par les techniques et les conditions de son élaboration.

Le camembert passe par plusieurs étapes de fabrications dont chacune est dépendante de l'étape qui la précède, ses caractéristiques sont déterminées par un grand nombre de facteurs liés à la nature et à l'état du lait, des ingrédients de fabrication et des facteurs technologiques liés particulièrement à la conduite de la fabrication ; c'est de leur maîtrise que dépendra la qualité recherchée par le consommateur.

Quelques auteurs ont cherché à expliquer les variations de rendement en fabrication de pâte molle (**MAUBOIS *et al.*, 1970**). Ces travaux montrent que l'importance des différents constituants du lait dans la prédiction du rendement varie fortement, notamment en fonction des technologies utilisées.

Notre étude c'est porté sur le suivie d'un de ces constituants qui est la matière grasse pour déterminer son impact sur le rendement fromager.

Est-ce que cette matière grasse a vraiment une influence sur ce dernier ? Si c'est le cas serait-elle le seul facteur ?

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre 1 : Le lait et le fromage**

## **I. Le lait**

### **1.1. Définition**

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

Selon **ABOUTAYEB (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**FREDOT, 2006**).

**JEANTET et al., (2007)** rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation .

### **1.2. La composition du lait**

**FRANWORTH et MAINVILLE (2010)** évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un bon aliment pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (**MITTAINÉ, 1980**).

Selon **FAVIER (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de

vitamine D et E.

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon **POUGHEON et GOURSAUD (2001)** sont:

- L'eau, très majoritaire ;
- Les glucides principalement représentés par le lactose ;
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau I.

**FREDOT (2006)** rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- ✓ Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D) ;
- ✓ Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle ;
- ✓ Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique) ;
- ✓ Une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous qui représentent environ 5 % du volume du lait.

**Tableau I : Composition moyenne du lait entier (FREDOT, 2006).**

<i>Composants</i>	<i>Teneurs (g/100g)</i>
<b>Eau</b>	89,5
<b>Matières azotés</b>	3,44
Protéines	3,27
Caséine	2,71
Protéines solubles	0,56
Azote non protéique	0,17
<b>Matières grasses</b>	3,5
Lipides neutres	3,4
Lipides complexes	<0,05
Composés liposolubles	<0,05
<b>Glucides</b>	4,8
Lactose	4,7
<b>Gaz dissous</b>	5% du volume du lait
<b>Extrait sec total</b>	12,8g

Le tableau II donne la composition moyenne en % pour différentes espèces animales.

**Tableau II : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (JENSEN, 1995).**

<i>Composants</i>	<i>Vache</i>	<i>Femme</i>	<i>Brebis</i>	<i>Chèvre</i>
<i>Protéines</i>	3,4	1,0	2,9	5,5
<i>Caséines</i>	2,8	0,4	2,5	4,6
<i>lipides</i>	3,7	3,8	4,5	7,4
<i>Lactose</i>	4,6	7,0	4,1	4,8
<i>Minéraux</i>	0,7	0,2	0,8	1,0

### 1.2.1. Eau

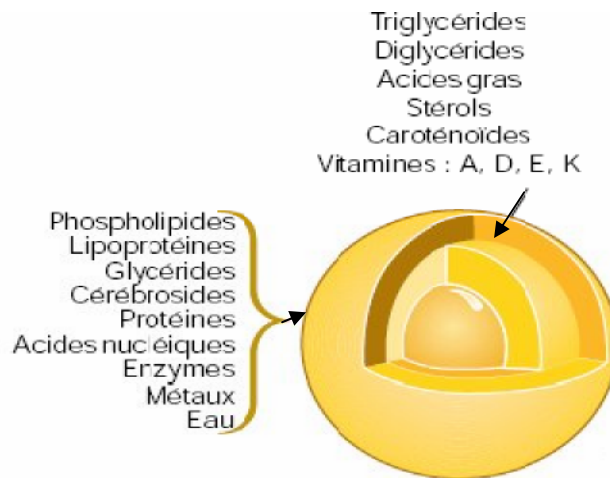
D'après AMIOT *et al.*, (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne peuvent se dissoudre et former une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui vont former une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

### 1.2.2. Matière grasse

JEANTET *et al.*, (2007) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme:

- ✓ une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- ✓ une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- ✓ une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- ✓ une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0).

La figure 1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (BYLUND, 1995).



**Figure 1: Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).**

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18 :3) par rapport au lait de femme (1,6% contre 8,5% en moyenne) (JEANTET *et al.*, 2007).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

### 1.2.3. Protéines

Selon JEANTET *et al.*, (2007), le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

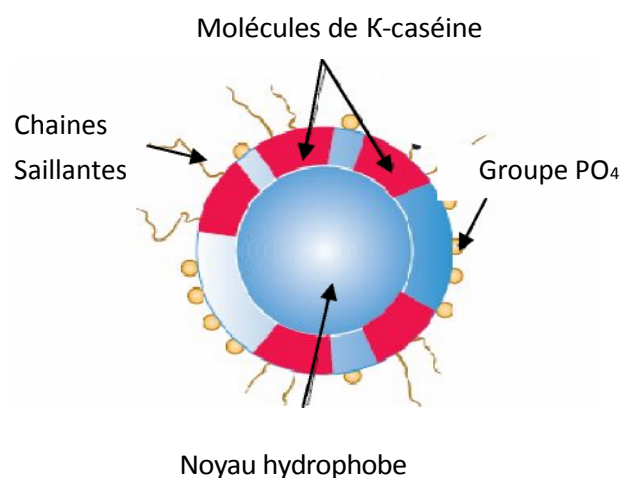
- Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80% des protéines totales ;
- Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20% des protéines totales.

La classification des protéines est illustrée dans le tableau III.

### A. Caséines :

**JEAN et DIJON (1993)** rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre  $56000 \text{ g mol}^{-1}$ , forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de  $0,1 \mu\text{m}$  dans le lait de vache (Figure 2).

La caséine native a la composition suivante: protéine 9%, calcium 3%, phosphore 2,2%, acide citrique 0,5% et magnésium 0,1% (**ADRIAN *et al.*, 2004**).



**Figure 2: Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995)**

### B. Protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (**DEBRY, 2001**).

**THAPON (2005)** définit les protéines du lactosérum comme étant des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

#### a- La $\beta$ -lactoglobuline

La  $\beta$ -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5,1 ; c'est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une  $\beta$ -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (**DEBRY, 2001**).

**b- L'α-lactalbumine**

L'α-lactalbumine est une métalloprotéine présente environ 22% des protéines du sérum constitué de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Elle possède un atome de calcium par mole du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). (VIGNOLA, 2002).

**c- L'albumine sérique**

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Elle présente un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (VIGNOLA, 2002).

**d- Les immunoglobulines**

Ce sont des glycoprotéines spécifiques de haut poids moléculaire responsable de l'immunité.

Nous pouvons distinguer trois grandes classes d'immunoglobulines: IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (THAPON, 2005).

**e- Protéoses-peptones**

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4,6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine β (DEBRY, 2001).

**Tableau III: Classification des protéines (BRUNNER, 1981)**

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
<b>CASEINES</b>	75-85	
Caséine $\alpha_{S1}$	39-46	199
Caséine $\alpha_{S2}$	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
<b>PROTEINES DU LACTOSERUM</b>	15-22	
-Lactoglobuline	7-12	162
-Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0,7-1,3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

#### 1.2.4. Lactose

MATHIEU (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (HODEN et COULON, 1991).

#### 1.2.5. Minéraux

Selon GAUCHERON(2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau IV).

**Tableau IV: Composition minérale du lait de vache (JEANTET *et al.*, 2007).**

Eléments minéraux	Concentration (mg.kg <sup>-1</sup> )
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

#### 1.2.6. Vitamines

Selon VIGNOLA (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires.

L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. Nous trouvons d'une part les

vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) présentés dans le tableau V. (JEANTET *et al.*, 2007).

**Tableau V : la composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et al.*, 2002)**

<b>Vitamines</b>	<b>Teneur moyenne</b>
<b>Vitamines liposolubles</b>	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D	2,4µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45 µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350 µg/100ml
Acide folique	5,5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3,5µg/100ml

### 1.2.7. Enzymes

**POUGHEON (2001)** définit les enzymes comme des substances organiques de nature protéique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau VI).

Tableau VI: Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	pH	Température (°C)	Substrats
<b>Hydrolases</b>	<b>Estérases</b>			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	<b>Protéases</b>			
	Lysozyme	7,5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
<b>Déshydrogéné oxydases</b>	Sulphydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	Bases puriques
<b>Oxygénases</b>	Lactoperoxydase	6,8	20	Composés réducteurs+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
	Catalase	7	20	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

### 1.3. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (AMIOT *et al.*, 2002).

#### 1.3.1. Densité et masse volumique

La densité du lait est également liée à sa richesse en matières sèches. Un lait pauvre en matière sèche aura une densité faible; il faut cependant nuancer cette remarque, car le lait contient de la matière grasse de densité inférieure à 1 (0,93 à 20°C). Il en résulte qu'un lait enrichi en matière grasse a une densité qui diminue et qu'à l'opposé, un lait écrémé a une densité élevée. L'appréciation précise de cette propriété se fait par la détermination de la masse volumique (AFNOR, 1986).

En pratique la masse volumique de l'eau est de 1g/ml à 4°C et de 0,99823g/ml à 20°C. La densité du lait à 15°C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032. Chacun des constituants agit sur la densité du lait. Etant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera basse (VIGNOLA, 2002).

#### 1.3.2. pH

Le pH du lait normal est de l'ordre de 6,7, cela est due en grande partie aux groupements basiques ionisables et acides dissociables des protéines, groupements esters

phosphoriques de caséines et acides phosphoriques et lactiques. Les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines (AMIOT *et al.*, 2002).

### **1.3.3. Point d'ébullition**

AMIOT *et al.*, (2002) ont défini le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C.

### **1.3.4. Acidité du lait**

Selon JEAN et DIJON(1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité  $\leq 21$  °D. Un lait dont l'acidité est  $\geq 27$  °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est  $\geq 70$  °D coagule à froid.

### **1.3.5. Point de congélation**

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre  $- 0,54$  et  $- 0,55$ °C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. Nous constatons de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. Par exemple nous avons signalé des variations normales de  $- 0,530$  à  $- 0,575$ °C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (MATHIEU, 1999).

Les caractéristiques physico-chimiques du lait sont illustrées dans le tableau suivant :

**Tableau VII : Caractéristiques physicochimiques du lait (FAO, 1998).**

Constante	Densité à 20°C	pH à 20°C	Acidité titrable (°D)	Point de congélation (°C)	Point d'ébullition (°C)
Valeur	1,031	6,6	16	-0,53	100,5

#### 1.4. Valeur nutritionnelle du lait

En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments ; il est considéré donc comme un aliment de forte densité nutritionnelle. Le lait n'est cependant pas un aliment parfait car il ne contient pas à l'état naturel de fibres et que son contenu en certains nutriments, dont le fer et la vitamine D, demeurent relativement faibles.

Le lait et les produits laitiers constituent un des quatre grands groupes reconnus d'une alimentation saine. Ces recommandations reposent surtout sur le fait que le lait et les produits laitiers constituent une bonne et même une excellente source de certains nutriments qui se retrouvent en concentration élevée dans ces aliments. Ce sont donc ces nutriments qui ont une signification particulière pour la santé, autant en ce qui concerne la croissance normale des enfants que le maintien en santé et la prévention des maladies à tout âge de la vie.

Par ailleurs, les concentrations ou l'intégrité de ces mêmes nutriments peut subir des modifications à la suite des différents traitements industriels appliqués au lait (AMIOT *et al.*, 2002).

#### 1.5. Facteurs influençant la composition du lait

Selon COULON (1994), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

### **1.5.1. Facteurs génétiques**

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces, les races et les intra-race mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (**SRAIRI *et al.*, 2005**).

### **1.5.2. Stade de lactation**

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2eme mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

### **1.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage**

L'âge au premiers vêlage est associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70% du poids de l'adulte, le fait de diminuer le poids de vache laitière au vêlage entraîne la diminution de la production laitière en première lactation (**BIOCHARD, 1986**).

En France, dans une région peu étendue et au sein de la même race, les génisses vêlent à des âges très différents. D'autres auteurs ont montré la grande variation de l'âge au premier vêlage selon les races, pouvant aller jusqu'à sept mois (**CRAPLET *et al.*, 1973**).

### **1.5.4. Facteurs alimentaires**

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une

perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

#### **1.5.5. Facteurs climatiques et saisonniers**

La saison a une influence importante qui se rajoute à d'autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, etc.) de façon immuable, le taux butyreux (TB) passe par un minimum en juin- juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à l'herbe et à la fin de la période du pâturage (**D' HOUR et COULON, 1994**).

❖ Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage (**HENRI *et al.*, 2008**).

Très vite, l'homme a compris que le lait produit par les animaux pouvait constituer une partie de son alimentation. Lorsqu'il a voulu le conserver il s'est heurté à sa fragilité. En effet, de par sa composition favorable au développement de nombreux micro-organismes qui peuvent l'altérer et le déstabiliser, il change d'aspect. Il se transforme en gel qui laisse s'échapper un liquide clair de couleur jaunâtre. En ce faisant, les éléments les plus nutritifs se retrouvent sous certaines conditions en une masse acide de plus longue conservation que le lait. Celle-ci peut évoluer vers des produits possédant des goûts différents et variés.

❖ L'origine exacte de la transformation du lait est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av.j-c. et 300 après Jésus Christ (**ST-GELAIS et Tirard-Collet, 2002**).

Progressivement, des techniques de transformation se sont développées, souvent autour de pratiques régionales guidées par la nature du lait disponible, les habitudes alimentaires et le contexte socioculturel. L'accumulation des connaissances en science du lait et la maîtrise des procédés de transformation font qu'aujourd'hui on dénombre de très nombreuses variétés de fromages possédant chacune sa propre originalité.

Il est d'usage, pour les comparer ou pour en faciliter le commerce, de les classer en grandes catégories selon différents critères tels que l'espèce animale, la teneur en eau, le degré d'affinage, le type de croutage, les moisissures apparentes, la texture, les techniques de fabrication.

## **II. Fromage**

### **2.1. Définition et composition du fromage**

Le fromage selon la norme codex, 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 protéines de lactosérum, caséines ne dépasse pas celui de lait. On obtient le fromage par coagulation complète du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (**CAROLE et VIGNOLA 2002**)

Le tableau VIII, donne une composition comparative du lait et du fromage.

**Tableau VIII : Composition moyenne comparée du lait et des fromages Selon ALAIS et LINDEN (1993).**

	<b>LAIT</b>	<b>FROMAGES</b>
EAU	Environ 87%	- Éliminée en partie par la fabrication. Teneur en eau varie de : 35 % (pâte cuite dure), 50 % (pâte molle), 80 % (Fromage frais)
GLUCIDES	- Lactose 5% Les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut être également transformé en alcool.	- Pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication.
LIPIDES	- Environ 4 % * Sous forme de globules gras très petit en émulsion dans le liquide ; • Ce sont en majeure partie des triacylglycérols (beaucoup d'oléine) avec un peu de lécithines.	- Se retrouvent dans la majorité des fromages sauf dans les fromages « maigres » : 23 % fromages à pâte molle, 30 % fromages à pâte dure.
PROTEINES	- Environ 3,5 %. Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3 % Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable.	- La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) : 18 % fromages à pâte molle, 19 % fromages blancs au lait écrémé, 24 % fromages à pâte ferme.
MINERAUX	- Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore. Le calcium étant plus abondant que le phosphore, le rapport Ca / p= 1,39 donc le lait est recalcifiant.  - Contient aussi potassium et chlorure de sodium : - Pas de fer.	- Grande richesse en calcium et en phosphore, surtout dans les fromages à pâte ferme rapport Ca / p= 1,26 en moyenne, donc aliment recalcifiant ;  - Plus au moins riches en chlorures de sodium selon leur fabrication (adjonction de sel, pâte lavée à l'eau salée, etc...)
VITAMINES	- B1 en petite quantité - B2 assez importante. - C en quantité variable dans le lait frais, mais pratiquement détruite au contact de l'air durant les manipulations et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition. - A en quantité importante dans la matière grasse, donc absente dans les laits écrémés. - D en quantité variable selon la saison.	- Les fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses réalisées par les moisissures.  - Se retrouve dans le fromage

2.2. Classification des fromages

Cette figure nous donne une autre classification des fromages :

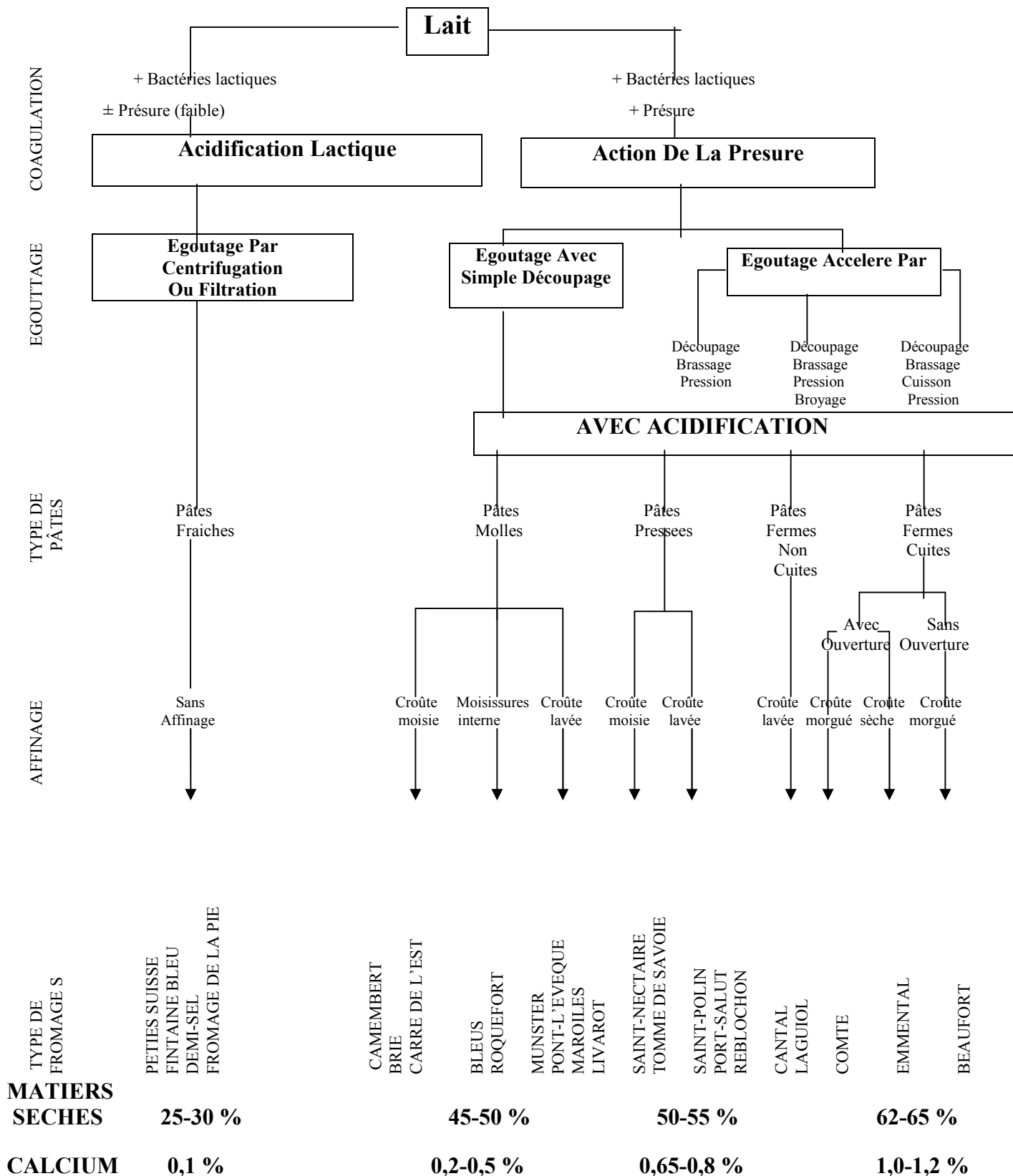


Figure 3: Classification didactique des fromages  
JEANTET *et al.*, 2007

### **2.3. Valeur nutritionnelle des fromages**

Le fromage est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et un aliment de croissance pour le jeune, du fait de la présence de protéines de valeur biologique élevée, et du complexe phosphore calcium vitamine. Il est généralement beaucoup mieux accepté que le lait et sa digestion est plus facile (**TREMOLIERE *et al.*, 1984**).

#### **2.3.1. Valeur énergétique**

La teneur calorique des différents fromages varie de 100 kcal pour 100 g de fromage frais à 350 kcal environ pour 100 g de fromage à pâte pressée. Avec une teneur en lactose faible, l'essentiel des calories provient des lipides (**DILLON et BERTHIER, 1997**).

#### **2.3.2. Source de lipides**

L'onctuosité de la pâte du fromage est de sa teneur en lipides. Lors de la maturation, sous l'influence des lipases microbiennes se forment des acides gras libres par lipolyse. Ces acides gras libres représentent 0,25 % de la matière grasse du camembert frais et passe à 6,4 % après formation de l'arôme.

Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend digestibles (**ECK, 1997**).

#### **2.3.3. Source de calcium**

Les fromages n'ont pas tous le même apport en calcium. Cet apport varie en fonction de la teneur en eau, et du mode de fabrication. Les plus riches sont les fromages à pâte pressée cuite dans lesquels le rapport Ca/P = 1, les fromages à pâte molle apportent moins de calcium : Ca/P = 5. Les fromages frais sont les moins minéralisés (**TREMOLIERE *et al.*, 1984**).

#### **2.3.4. La teneur en protéines**

La teneur en acides aminés des protéines des fromages confère à ces produits une valeur biologique extrêmement élevée. De ce fait, ils conviennent tout particulièrement aux sujets en croissance dont les besoins en acides aminés sont élevés que ceux d'adulte (**DILLON et BERTHIER, 2007**).

#### **2.3.5. Source de vitamines**

La valeur vitaminique des fromages est différente de celle du lait. Une partie des vitamines hydrosolubles se retrouve au cours de l'égouttage entraînée dans le lactosérum. Le taux de rétention du caillé est de 25 %, celui de la vitamine « C » est de 0 %, en

compensation, la microflore bactérienne et fongique réalise la synthèse de plusieurs vitamines du groupe « B » (TREMOLIERE *et al.*, 1984).

# **Chapitre 2 : Camembert**

## I. Camembert

### 1.1. Historique

C'est le plus célèbre des fromages originaires de Normandie. En raison de sa vogue immense auprès des consommateurs, il est fabriqué aujourd'hui dans la plupart des régions laitières françaises. Sa réputation a franchi les frontières et de nombreuses usines étrangères le fabriquent.

A ce produit reste attaché le nom de Marie Harel qui exploitait à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle une ferme, près de Vimoutiers, dans la petite commune de Camembert (Orne). Pour les uns, Marie Harel est la créatrice du camembert, pour les autres, elle n'a fait que contribuer seulement à son développement local, le fromage existant déjà vers 1700, date à laquelle il est cité dans le « dictionnaire » de Thomas Corneille. Le mérite de Marie Harel fut de fabriquer un fromage type Brie dans un moule à Livarot. C'est le fromage qui est devenu le camembert (VEISSEYRE, 1975).

### 1.2. Définition

La définition légale du camembert précise qu'il s'agit d'un fromage à caillé non divisé, de 105 à 110 mm de diamètre, à pâte non malaxée et légèrement salée, à moisissures superficielles, renferment au moins 40g de matière grasse pour 100 g de fromage sec et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110g (VEISSEYRE, 1975).

### 1.3. Composition et valeur nutritionnelle

Le tableau IX, donne la composition du camembert pour 100g du produit frais

**Tableau IX: composition du camembert pour 100g du produit frais (ADRIAN *et al.*, 2003)**

Eau (g)	Kcal	KJ	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Ca (mg)	Fe (mg)
50	290	1215	21,4	22,6	0,3	265	0,7

Selon son mode d'élaboration, le *Camembert* renferme 30 à 50 % de matière azotée / matière sèche. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (MIETTON, 1995).

De plus, la haute valeur biologique de ces protéines lui est conférée tant par leur composition équilibrée en acides aminés, que par leur propriété de former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

La matière grasse du *Camembert* (25 à 40%) conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la saveur particulière conférée au produit fini

**(NEELAKANTEN *et al.*, 1971).**

Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restant dans le caillé après égouttage, est transformée en acide lactique au cours de l'affinage.

Pour les autres nutriments, le *Camembert* constitue un apport important en calcium. (200 à 700 mg/ 100g), en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B),

**(ECK, 1990).**

Notons enfin que la dénomination petit *Camembert* est réservée à un fromage de diamètre réduit (80-85 mm de diamètre) dont l'extrait sec ne doit pas être inférieur à 60g et que la dénomination *Véritable Camembert* de Normandie est protégée par un label de qualité définissant notamment une aire de production.

## **II. Technologie de fabrication du camembert**

### **2.1. Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert**

#### **2.1.1. 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 :

##### **2.1.1.1. 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).**

#### **2.1.1.2. Lait recombiné**

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

#### **2.1.1.3. 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 écrémée et la poudre de lait écrémée (**CAROLE et VIGNOLA, 2002**).

#### **2.1.2. La matière grasse laitière anhydre (MGLA)**

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

#### **2.1.3. L'eau de reconstitution**

Selon **LUQUEL (1990)**, 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.

#### **2.1.4. Les ingrédients**

##### **2.1.4.1. La présure**

La présure est la substance permettant de faire cailler 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**).

##### **2.1.4.2. 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 ducamembert, les levains lactiques sont constitués de :

- *Lactobacillus casei*

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

#### **2.1.4.3. 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).

#### **2.1.4.4. Les sels**

L'addition du chlorure de calcium et du phosphate mono-calcique 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).

## **2.2. Le processus technologique de la fabrication du camembert**

### **2.2.1. Préparation du lait**

Cette étape consiste à donner au lait la composition correspondant à celle du fromage et à créer les conditions bactériologiques nécessaires à la coagulation du lait (BERTRAND, 1988).

Elle comprend :

#### **2.2.1.1. Standardisation**

La standardisation consiste à régler la composition du lait de mélange a fin 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**).

#### **2.2.1.2. 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**).

#### **2.2.1.3. 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 (**VEISSEYRE, 1975**).

#### **2.2.2. 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 mono-calcique et le calcium sont ajoutés afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (**LENOIR et al., 1983**).

#### **2.2.3. La fabrication proprement dite**

##### **2.2.3.1. 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**).

##### **2.2.3.2. 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 (**Eck, 2006**).

##### **2.2.3.3. Moulage**

Le moulage est la répartition du caillé dans des moules perforés, en métal ou en matière plastique, dont la forme et les dimensions varient avec les types de fromages. La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement (**VEISSEYRE, 1975**).

#### **2.2.3.4. 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).

#### **2.2.3.5. Démoulage**

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

### **2.2.4. Les étapes de finition du caillé**

#### **2.2.4.1. 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 micro-organismes (Eck, 2006).

#### **2.2.4.2. 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).

#### **2.2.4.3. 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).

Selon MCSWEENEY et SOUSA (2000), plusieurs types de dégradation s'effectuent simultanément ou successivement dans la pâte fromagère touchant :

- la fermentation du lactose ;
- la lipolyse ;
- la protéolyse.

#### **2.2.4.4. L'Emballage et le Conditionnement**

Le conditionnement du camembert en vue de sa vente bien évidemment, doit assurer sa protection contre les agents extérieurs, durant ce délai qui a pour origine le conditionnement. Le meilleur conditionnement consiste à l'emballer dans du papier cellulosique et le placer dans des boîtes en carton (**Eck et GILLIS, 1997**)

### **III. Influence du gras/sec sur le rendement final du camembert**

#### **3.1. Définition du rendement fromager**

Le rendement fromager ou le rendement de la transformation du lait en fromage est l'expression mathématique de la quantité de fromage obtenu à partir d'une quantité donnée de lait (souvent 100 L ou 100 kg) (**VANDEWEGH, 1997**). Le rendement fromager est exprimé selon la formule suivante (**HANNO *et al.*, 1991 ; LIBOUGA *et al.*, 2006**) :

$$\text{Rdt} = \frac{\text{EST (lait)} - \text{EST (sérum)}}{\text{EST (coagulum)} - \text{EST (sérum)}} \quad \text{avec : Rdt} = \text{Rendement}$$

🚩 Le rendement fromager est l'une des données les plus importantes dans une fromagerie. En effet, la quantité de fromage généralement obtenue est faible par rapport à la quantité d'ingrédients mis en œuvre (il faut environ 100kg de lait pour obtenir 10 à 12kg de fromage). Autrement dit, une faible variation de rendement peut avoir des conséquences économiques importantes (**ECK, 1987**).

🚩 La matière première n'est plus seulement un des composants du lait, mais le lait tout entier, ou mieux, une partie plus ou moins importante de tous ces composants. C'est ainsi que la presque totalité de la caséine et de la matière grasse employée ; de même une partie notable de l'eau passe dans le fromage ; et une proportion faible du lactose et des sels est retenue quel que soit la nature du produit fabriqué (**COLIN *et al.*, 1992**).

### **3.2. Importance du contrôle de rendement fromager**

Compte tenu de l'importance économique accrue accordée à la rentabilité d'une fabrication, l'industrie doit pouvoir calculer à l'avance son rendement fromager, c'est-à-dire la quantité de fromage qu'il peut théoriquement fabriquer à partir du volume de lait mise en œuvre. Cette détermination lui permettra d'abord de prévoir les moyens nécessaires (main d'œuvre, matériel), elle rendra possible également le contrôle du fonctionnement de l'usine (**HURTAUD *et al.*, 1991**).

En effet, il suffira de comparer le rendement théorique au rendement pratiquement observé pour mettre en évidence les pertes évitables dues, dans la plus part des cas, à des erreurs de fabrication dont la correction est aisée lorsqu'elles sont décelées (**VEISSEYRE ,1975**).

L'industriel connaît la quantité de lait entrée dans son usine, il connaît bientôt la quantité ou le poids des fromages fabriqués avec ce lait ; un simple calcul, une modeste division, lui indique le nombre de litres de lait employées pour faire soit un fromage, soit un kilogramme de fromage. Il compare ce chiffre avec celui qu'il a obtenu précédemment et constate des différences en plus ou en moins dans ce rendement, ce qui l'incite à rechercher si nécessaire les causes de cette différence qu'il attribue, soit à une trop grande acidité du lait, soit à un chauffage trop fort ou trop faible, soit à un égouttage plus ou moins rapide ou défectueux, soit enfin à la saison ou à toutes autres causes. Dans certains cas il remédiera à ces accidents, lorsqu'il en sera le maître ; souvent il ne pourra que constater « je le fais sans pouvoir agir ». (**CAROLE et VIGNOLA, 2006 ; MEYER *et al.*, 1998**).

### **3.3. Facteurs influençant le rendement fromager**

#### **3.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit**

Plus on garde de l'eau dans un fromage, moins il faut mettre de lait en œuvre pour l'obtenir. Ainsi, il faut moins de litre de lait pour faire un kg de patte fraîche que pour faire 1kg de comté (pâte ferme), et bien évidemment, on extraira moins de sérum pour 1 kg de pâtes fraîches que pour 1 kg de comté. Schématiquement, on augmentant le caractère lactique d'un fromage, on tend à augmenter le rendement ; inversement, en augmentant le caractère présure, on tend à réduire le rendement (**COLIN, 1992**).

### **3.3.2. Richesse du lait en matières grasses**

Plus le lait de fabrication est riche en matières grasses, plus le rendement sera élevé ; on considère qu'un gramme par litre de matière grasse en plus fait gagner 1,3g de fromage. Ainsi les rendements en fabrication de camembert à 50% de gras/sec sont plus élevés qu'en fabrication de 45% car le lait est plus riche au départ (ANONYME, 1991).

### **3.3.3. Richesse du lait en matière protéique**

Comparativement aux matières grasses, ce sont les matières azotées qui conditionnent les rendements. On considère que 1g de matière azotée fixe 2,3 à 2,8g d'eau, tandis que 1g de matière grasse fixe au plus 0,2g. On sera donc amené lorsque l'on fabrique un fromage vendu à la pièce à moduler la quantité de lait mise en œuvre pour obtenir un fromage à poids constant en fonction de la richesse des laits en protéines (MIETTON, 1986).

### **3.3.4. Traitement thermique du lait**

Il entraîne un gain du à la précipitation des protéines sériques qui restent dans le fromage, au lieu de partir dans le sérum. Les rendements en fabrication du camembert pasteurisé sont plus élevés qu'en cru (LIQUET, 1991).

## **3.4. Contrôle du rendement et l'origine des pertes**

Sur le plan économique, le rendement fromager global comme la récupération des ingrédients revêt une place primordiale puisqu'une augmentation de 1% du rendement peut se traduire par une augmentation de 20% du profit. En regard de la qualité des fromages, le rendement est directement lié à la composition finale du produit, particulièrement en eau. Ce facteur change considérablement la qualité du produit et sa capacité à développer des qualités organoleptiques propres, ce qui limite aussi l'augmentation possible du rendement (CAROLE, 2002).

### **3.4.1. Egouttage trop poussé des caillés bottes**

L'humidité finale du produit est le facteur principal du rendement fromager. Elle est aussi une caractéristique principale du fromage et il n'est pas possible d'augmenter le rendement en diminuant la quantité de sérum soutiré. Par exemple, le cheddar ne peut pas contenir plus de 39% d'eau, selon sa définition légale.

Essayer d'augmenter le rendement en augmentant l'humidité de la pâte reviendrait à obtenir un produit hors norme. Par ailleurs cette valeur maximale n'est pas toujours souhaitable. En effet, la qualité de l'affinage et donc du produit fini exige souvent une

humidité inférieure. Avec 39% d'humidité, le cheddar serait difficile à affiner et défaut de saveur (amertume) et de texture serait à craindre, l'ajustement de l'humidité optimal tient compte à la fois du maximum permis et des caractéristiques du produit ainsi que capacité de la caillé botte de s'affiner dans de bonnes conditions (WERBER, 1997).

### **3.4.2. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé**

Ces pertes proviennent essentiellement des différentes opérations d'égouttage. Le découpage, les brassages, les transferts de caillé sont autant d'opérations qui peuvent briser le gel en de très fines particules qui seront entraînées dans le sérum. A titre d'exemple, la forme d'aiguisage, la vitesse de rotation des couteaux utilisés lors du décaillage peuvent entraîner des variations importantes de rendement fromager (MAUBOIS *et al.*, 1970).

### **3.4.3. Pertes de matière grasse**

La matière grasse ne fait pas partie du gel caséine, mais se retrouve emprisonnée dans le réseau protéique. Dans une fabrication normale, les pertes de matières grasses peuvent atteindre de 4 à 20% des matières grasses initiales.

L'importance des pertes de la taille des globules de gras. Les globules de gras de plus petites tailles sont moins susceptibles de rester dans le gel et ont plus de chance d'être entraînés par le lactosérum. Par conséquent, l'homogénéisation du lait de fromagerie est généralement à proscrire puisque ce traitement augmenterait les pertes en matière grasse et, dans une moindre mesure, les pertes en protéines fixées sur la membrane globulaire reconstituée (BANKS *et al.*, 1984).

### **3.4.4. Perte de protéine**

Les pertes globales en protéines concernent surtout les protéines sériques solubles dans l'eau et donc entraînée par le lactosérum. Dans une fabrication conventionnelle, 80 à 90% des protéines du sérum se retrouvent dans le lactosérum. Cependant, ces protéines ne représentent qu'un cinquième des caséines qui, sont récupérées à plus de 92% dans le fromage.

Pour augmenter le taux de récupération des protéines qui, on peut appliquer des traitements de chaleur, ou des traitements acidifiants, sur les protéines sériques. Sans d'autres précautions, ces traitements, s'ils augmentent le rendement fromager, nuisent à la quantité du fromage en entraînant des problèmes d'égouttage et des défauts majeurs dans le produit fini (MAHAUT *et al.*, 2000).

### **3.4.5. Pertes liées à l'entreposage du lait**

Notons enfin que l'entreposage du lait réfrigéré pendant une période trop longue (supérieure à 72 heures) entraîne une baisse du rendement par :

- Une solubilisation partielle de la *B*-caséine.
- Un début de protéolyse suivant l'activité de la plasmine et surtout des enzymes protéolytiques bactériennes.
- Un début de lipolyse particulièrement sous l'effet des enzymes des bactéries psychotrophes (**ALIAS, 1994**).

### **3.4.6. Pertes liées au surpoids**

Dans le fromage vendu à l'unité, il faut ajouter les pertes dues au surpoids puisqu'il est dans ce cas difficile de contrôler avec précision le poids final des chaque unité (**CAROLE, 2002**).

### **3.5. Influence de la matière grasse sur le rendement**

La composition de la matière grasse du lait (longueur de la chaîne carbonée et degré d'insaturation), et donc du fromage, dépend du stade de lactation, mais aussi et surtout de l'alimentation des animaux (**CHILLIARD *et al.*, 2000**). Elle peut être à l'origine des différences de texture et/ou de flaveur des fromages (**BUCHIN *et al.*, 1999**, **COLLOMB *et al.*, 1999**, **BUGAUD *et al.*, 2002**).

**BUGAUD *et al.*, (2002)** ont observé une relation étroite entre la déformation à la fracture du fromage et la teneur en acides gras longs insaturés du lait . Le point de fusion plus faible de ces acides conduit à des matières grasses plus fluides et donc à des fromages plus souples. Par ailleurs, certains acides gras peuvent être dégradés par les enzymes microbiennes lors de l'affinage du fromage pour donner des composés responsables d'arômes dans le fromage (**URBACH, 1997**).

Enfin, des travaux récents ont montré que les propriétés des globules gras du lait pouvaient modifier les caractéristiques physicochimiques et sensorielles (fermeté, élasticité, couleur) des fromages de type Camembert (**MICHALSKI *et al.*, 2003**). Or il est possible que les propriétés des globules gras du lait soient en partie sous la dépendance de facteurs alimentaires et/ou génétiques (**MUNRO *et al.*, 1984**).

Le rendement augmente avec la teneur en MG, mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéine. En effet, les caséines, quand elles coagulent, forment un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants, et en particulier la matière grasse présente sous forme de globules gras. Un point de taux butyreux (TB) supplémentaire ferait ainsi gagner entre 90 et 165g de fromage pour 100 litres de lait.

Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation (**Anonyme 2**).

La matière grasse, en quantité trop importante peut devenir gênante car elle va encombrer le réseau protéique formé lors de la coagulation : la synérèse est freinée lorsque, à même taux protéique et à mêmes paramètres technologiques, la MG augmente. Les fromages prennent alors un caractère plus « lactique » car plus humides et plus déminéralisés au moulage, et avec une plus grande quantité de sucres résiduels (risque de post-acidification).

Pour compenser cette augmentation de la matière grasse, outre l'écémage partiel de la matière première, on va essentiellement jouer sur la réduction de la durée de durcissement afin d'avoir un gel moins ferme, réaliser un décaillage plus fin, augmenter la température lors du travail en cuve et augmenter le nombre ou l'intensité des brassages : Il faudra chercher à compenser l'encombrement du réseau et donc le manque d'égouttage par plus de travail et d'égouttage en cuve. Sa sera le contraire si la MG est trop faible (**Anonyme 3**).

# **Partie pratique**

# **Processus de fabrication du camembert**

## **I. Présentation de l'unité**

L'unité de Draa ben khedda, est une laiterie-fromagerie créée en 1971 et inaugurée en 1974 ; elle se situe à 11 Km à l'ouest de la ville de Tizi-Ouzou et occupe une superficie de 40000 m<sup>2</sup>. En 1998, un groupement des offices donne naissance à un groupement industriel Dénommé « GIPLAIT » [Groupement industriel de production laitière.] Cette unité a été prévue pour traiter 50000 L de lait par jour, par la suite ses capacités de production ont été accrues pour atteindre 350000 à 400000 L par jour. Face à la demande importante, 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, lait fermenté (l'ben), crème fraîche et une variété de fromage à pâte molle type camembert tel que le Tassili, La Cigogne, le Brie galette en diverse formes ronde et carrée.

A compter de juin 2008 la laiterie de Draa Ben Khedda est privatisé dans le cadre de la cession des entreprises publiques.

Cette dernière est une S.P.A au capital social de 200.000.000 DA.



**Figure 4 : S.P.A laiterie Draa Ben Khedda.**

## II. Objectifs de l'étude

Notre étude consiste à faire un suivi de la matière grasse au cours des différents stades de fabrication et étudier son impact sur le rendement fromager.

## III. Echantillonnage

Nous avons effectué un suivi de trois productions où la matière grasse a été fixée, et suivi trois autres productions dont l'extrait sec total a été fixé ; tout en sachant que chaque production présente la moyenne de trois production pour chaque paramètre précédemment cité.

Nous avons procédé à des analyses du lait, produit intermédiaire ainsi que le produit fini.

Le lait cru a été directement prélevé à partir des citernes de collecte après homogénéisation.

Le lactosérum a été prélevé à partir de la phase d'égouttage,

Quant aux échantillons du fromage, nous avons essayé d'effectuer l'analyse en opérant à deux niveaux de prélèvement :

- Au démoulage
- A la fin de l'affinage (j12)

Les échantillons ont été prélevés à la laiterie de DBK, et les analyses physicochimique (MG, EST, D°,...) ont été effectuées au laboratoire même de la laiterie.

## IV. Processus de fabrication du camembert

### 4.1. Réception du lait à l'usine

La réception du lait au niveau de la laiterie de DBK effectuée dans des citernes isothermes.

Après la réception (figure 15), le lait est aspiré par des pompes à filtrer, toutes les particules et les impuretés macroscopiques et grumeaux qui peuvent s'y trouver sont éliminés, cette opération est effectuée avant le traitement thermique.



**Figure 5 : le lait à la réception**

#### **4.2. Standardisation :**

C'est une étape qui consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du lait de fromage à élaborer, et cela s'effectue en ajoutant de la poudre du lait (0% et 26%).

Et pour réaliser la stabilisation de l'émulsion de la MG et éviter la remontée de la crème, le lait subit une homogénéisation.

#### **4.3. Pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement thermique qui entraîne la destruction de la plupart des formes végétatives de microorganismes banaux et celles de tous les microorganismes pathogènes. La pasteurisation inactive en outre le phosphate du lait cru ainsi que d'autres enzymes, ceci permet de contrôler son action. (GUIRAUD, 2003)

En pratique, il s'agit d'une pasteurisation en continue, elle s'effectue en circuit fermé, le lait est pasteurisé dans un échangeur à plaque, à une température de 86°C pendant 15 à 20 secondes, puis il est conduit vers des tanks de stockage où la température est de 8 à 10°C.

#### **4.4. Pré-maturation**

Une fois le lait refroidi de 8 – 10°C, il est réparti dans des tanks de 10000 L auquel on ajoute 1,5 L de CaCl<sub>2</sub>, On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène d'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium candidum*, *Penicillium camemberti* ; ensuite on laisse le lait reposer 10 à 12 heures.

Après la pré-maturation le lait est passé dans un réchauffeur à plaques à une température 36°C, pour lesensemencements avec ferment lactiques.

#### **4.5. Phase d'ensemencement-maturation**

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer :

- D'une part à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification) c'est à dire la production d'acide lactique, qui est un sous-produit de la fermentation (voie de dégradation des sucres en condition anaérobie).

- D'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique), les bactéries lactiques ne peuvent absorber et utiliser que des acides aminés libres, peu abondants dans le lait, ou des peptides courts (composés seulement des quelques acides aminés).

Après l'addition des ferments au lait, les bactéries commencent la dégradation du lactose en l'acide lactique.

#### **4.6. Emprésurage et coagulation**

Après la maturation, le lait (10000 L pour chaque production) est acheminé vers la salle de production à travers la tuyauterie de la fromagerie pour remplir les bassins (cuves) de 1000 L, on ajoute une quantité 190 g de présure pour 10000 L de lait (19g / 1000 L).

La présure est diluée dans 1 L d'eau distillée. On incorpore 100 ml de la présure diluée pour chaque 1000 L de lait puis on agite le mélange. La température de l' emprésurage est comprise entre 36 à 37°C.

Pour la coagulation le lait sera modifié, il passe de l'état liquide à l'état de gel dans un temps calculé (quand définit le temps de prise), le temps de prise est compris entre 10 et 15 min, il est obtenu par chronométrage à partir du moment de l' emprésurage jusqu'à l'apparition des flocons.

La phase de coagulation est représentée dans la figure suivante :



**Figure 6: phase de coagulation**

Après la gélification du lait, le lactosérum remonte, on fait le découpage.

#### **4.7. Découpage et brassage**

Le découpage se fait manuellement par la tranche caillé c'est une pièce de métal inoxydable, de forme d'arc (demi-cercle) menu des files (fil de pêche) à un espacement entre les fils égale à 1,5cm. Cette étape est présentée dans la figure 7.



**Figure 7: opération du découpage**

Le but de cette étape est de faciliter la sortie de l'eau et favoriser ainsi la sortie de lactosérum du coagulum. A la laiterie le caillé est soumis à un découpage en petits cubes de 1 à 2 cm<sup>2</sup>, le découpage s'effectue à deux fois le temps de prise (le moment de découpage est déterminé par le temps de prise : 15 à 20 min. Le caillé découpé subit deux brassages :

- 1<sup>er</sup> brassage se fait 15 min après découpage.
- 2<sup>ème</sup> brassage se fait 15 min après le 1<sup>er</sup> brassage.



**Figure 8: opération de brassage.**

#### **4.8. Moulage**

Le moulage se fait dans des moules disposés sur les plateaux d'égouttages, le moulage a pour but de donner au fromage sa forme définitive.

Les moules utilisés à l'unité DBK sont des moules en plastique, de forme cylindrique, ont un diamètre de 12 cm et une hauteur de 8 cm.

Les moules ne comportant pas de fond, sont placés directement sur des plaques en plastiques perforées pour éviter les pertes du caillé.



**Figure 9: les moules utilisés à l'unité.**

Les plaques reposent eux-mêmes sur les plateaux en aluminium, qui sont munies des trous sur les côtés qui permettent l'écoulement du sérum. Le remplissage des moules suit au passage du caillé par la goulotte située à l'extrémité de chaque bassin.

L'opération est conduite en déplaçant les plateaux montés sur des chariots à la table d'égouttage, pour favoriser l'écoulement du sérum qui s'acidifie progressivement. La température de salle de moulage est de 26 à 28°C. L'opération du moulage est représenté dans la figure 10.



**Figure 10: Opération du moulage.**

#### **4.9. Egouttage et retournement**

Ils sont spontanés à la laiterie, le retournement successif des fromages permet d'améliorer l'égouttage.

Le premier retournement est réalisé pendant 2 heures après le moulage, à une acidité du sérum de 20 à 21°D. Le deuxième retournement est réalisé 2 heures après le premier, à une acidité du sérum 45 à 50°D.

Si l'acidité augmente progressivement, on ne fait pas le 3<sup>ème</sup> retournement. La figure 11 nous résume l'opération des retournements.



**Figure 11: Opération des retournements.**

#### **4.10. Démoulage**

Le démoulage consiste à enlever les moules des fromages, il se fait au lendemain de la fabrication quand l'acidité du sérum atteint la moyenne de 120°D.

Au moment du démoulage, le pH du caillé est  $< 4,9$  et le taux de l'humidité est de 58 à 60 %.

Après le démoulage, le fromage est transporté vers la salle de salage, les fromages démoulés sont déposés sur des claies métalliques d'affinage.

#### **4.11. Salage**

A l'unité DBK, la méthode la plus employée est le salage à sec, c'est l'incorporation du sel à sec à une saleuse automatique projetant le sel à la surface de fromage.

On obtient en effet un fromage avec un taux de sel de 1,6 à 2%. L'étapes du salage est représenté dans la figure 12.



**Figure 12: Opération du salage.**

#### **4.12. Affinage**

Pendant cette opération, les fromages sont entreposés pendant 12 jours dans des hâloirs bien aérés et conditionnés à une température de 10 à 12°C et une humidité de 95%.

Pendant cette période, une solution de *Penicillium candidum* en neige diluée dans l'eau est pulvérisée sur les fromages. Après 6 à 7 jours, les fromages se fleurissent c'est-à-dire ils développent une croûte.

Après le dixième jour, la couche blanche se forme complètement et cette nappe est appelée « la croûte » ; cette croûte fleurie ne présente aucun risque pour la santé et peut donc être consommée en toute sûreté. La figure 13 nous montre l'image d'un camembert affiné.



**Figure 13: l'affinage.**

#### **4.13. Conditionnement et emballage**

Cette phase est importante pour obtenir un produit de qualité, parce qu'elle assure la protection contre les agents extérieurs, le choix des matériaux de l'emballage doit répondre aux fonctions classiques pour avoir un double rôle de protection et de publicité.

A l'unité DBK, les fromages sont emballés manuellement dans un papier perforé cellulosique puis dans des boîtes en cartons. Les fromages sont emballés dès le 12<sup>ème</sup> jour lorsque la moisissure est suffisamment développée. Ils sont commercialisés sous cette forme avec l'appellation « Tassili » représenté dans la figure suivante :



**Figure 14: Conditionnement et emballage.**

La figure suivante nous résume les étapes de fabrication du camembert.

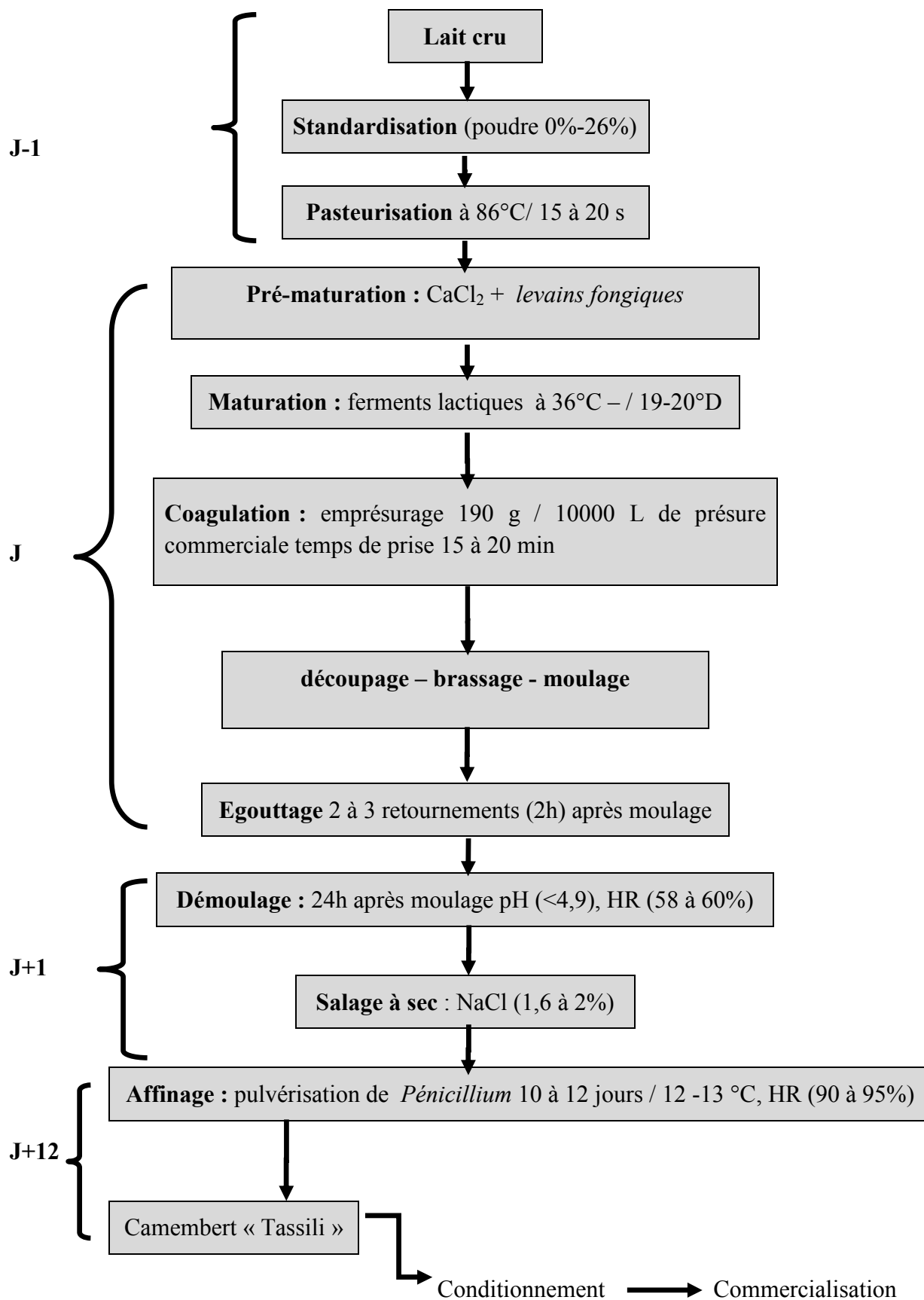


Figure 15: Diagramme de fabrication du camembert « Tassili» à l'unité DBK.

# **Matériels et méthodes**

## V. Matériels et méthodes

### 5.1. Matériels

Tableau X: matériels

Appareillages	Réactifs	Verreries
Bain marie.	Acide sulfurique de densité 1,83.	Bécher de 100 ml.
Balance analytique de précision.	AgNO <sub>3</sub> (0,1N).	Butyromètre de VAN GULIK.
Centrifugeuse.	Alcool iso-amylque.	Capsule.
Dessiccateur infrarouge.	Alun de fer à 38%.	Éprouvette de 250 ml.
Lactodensimètre.	Eau distillée.	Godet en verre.
pH-mètre	HKMnO <sub>4</sub> 75%.	Pipettes.
	Hydroxyde de sodium à 0,1 N.	
	NO <sub>3</sub> 65% ( 0, 01N).	
	Phénolphtaléine.	
	Thiocyanate d'ammonium (0,1N).	

### 5.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques :

Les analyses physico-chimiques d'un produit ont pour but d'assurer sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques. Ces analyses sont dans certains cas communs aussi bien pour la matière première que pour le produit fini (SCRIBAN, 1999).

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique de la matière première et du produit fini nous avons procédé à l'évaluation des paramètres mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau XI : Les différents points d'échantillonnage et leurs paramètres physicochimiques mesurés.**

	Points d'échantillonnages	Les paramètres physico-chimiques mesurés.
<b>Matière première</b> « lait »	Après standardization	MG, EST, ESD, A (°D), D
	Après maturation	A (°D), pH, T (°c)
<b>Produit fini</b> « camembert »	Lactosérum	MG, EST, H%, A, D.
	Démoulage	H%, pH, EST.
	Après affinage	H%, pH, EST, MG, ESD, G/S ,cl.

Les analyses physico-chimiques sont réalisées selon les normes AFNOR (1986), et celle du journal officiel de la république Algérienne N°80 du décret de 14/11/1991 et N°19 du décret de 05/04/2000.

### 5.2.1. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1986)

#### Principe :

L'acidité titrable est le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait. Le principe repose sur la neutralisation de l'acide lactique d'un échantillon par une solution NAOH à 0,1 N, en présence d'un indicateur coloré « la phénolphtaléine ».

#### Mode opératoire :

Dans un bécher de 100 ml, on introduit à l'aide d'une pipette, 10 ml de l'échantillon (lait) auquel on ajoute 2 à 3 gouttes de la phénolphtaléine, le tout est titré par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N jusqu'à apparition du virage rose.

#### Expression des résultats :

L'acidité titrable, exprimée en degré dornic (°D), est donnée par la formule suivante :

$$AD = V.10$$

Avec : **AD** : acidité titrable.

**V** : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium (0,11N).

(1 °D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait, 1°D=0,1 ml de la soude N/9)

### **5.2.2. Détermination du pH (AFNOR, 1986) :**

#### **Principe :**

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre.

#### **Mode opératoire :**

Après étalonnage du pH-mètre à l'aide d'une solution tampon (pH : 4 et pH : 7), plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser, l'analyse est effectuée à 20°C.

#### **Expression des résultats :**

La valeur du pH est lue directement sur l'échelle graduée du pH-mètre.

### **5.2.3. Détermination de la densité (NA 1130) :**

#### **Principe :**

La densité du lait est le poids en kilos d'un litre de lait à 15°C. Elle est mesurée par un lactodensimètre d'une face et d'un thermomètre de l'autre face ; le lactodensimètre est plongé dans le lait, sur sa partie supérieure trouve une échelle indiquant le degré de densité.

#### **Mode opératoire**

Le lait est versé dans l'éprouvette de 250 ml, tenu inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou des bulles d'air. Le lactodensimètre est plongé verticalement dans l'éprouvette. Après sa stabilisation, on lit la valeur de densité sur l'échelle à la surface du lait.

#### **Expression des résultats :**

Le lactodensimètre donne une valeur exacte à une température de 15 °C.

- Si la  $T^{\circ} > 15$  alors  $D = D^{\circ} + 0,2 (T^{\circ} - 15^{\circ}C)$ .
- Si la  $T^{\circ} < 15$  alors  $D = D^{\circ} - 0,2 (T^{\circ} - 15^{\circ}C)$ .
- Si la  $T^{\circ} = 15$  alors la densité reste la même.

Avec :  $T^{\circ}$  : température lue sur le lactodensimètre

$D^{\circ}$  : densité lue sur le lactodensimètre.

#### **5.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse (NA 1933) :**

##### **✚ Cas du lait**

##### **Principe:**

La méthode acido-basique est basée sur l'attaque des composants autre que la matière grasse par l'acide sulfurique et sa séparation par l'alcool iso-amylique.

##### **Mode opératoire :**

Dans un butyromètre à lait (butyromètre Gerber), on introduit 10 ml d'acide sulfurique de densité 1,83, lequel, on ajoute 11 ml de lait pour permettre la séparation des phases ; on ajoute ensuite 1 ml d'alcool iso-amylique, puis on centrifuge à 1200 tr/min pendant 5 min.

##### **Expression des résultats :**

La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.

##### **✚ Cas du fromage :**

##### **Principe :**

La matière grasse est exprimée en grammes de fromage. Elle est basée sur la dissolution de la caséine du fromage dans un butyromètre de VAN GULIK, par l'acide sulfurique ; une séparation de la matière grasse par centrifugation et une lecture directe du pourcentage en masse de matière grasse.

##### **Mode opératoire :**

Peser 3 g de fromage dans un godet en verre, puis l'introduire dans un butyromètre. Ajouter 10 ml d'acide sulfurique densité 1,54 et chauffer le contenu jusqu'à la dissolution totale ensuite ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique.

Enfin introduire l'échantillon dans la centrifugeuse (1110 tr/min pendant 5 min)

##### **Expression des résultats :**

Le résultat est lue directement sur les graduations du butyromètre, la teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage en masse ; elle est égale à :

$$MG = N' - N$$

Avec : **N'** : la valeur correspond au niveau supérieur de la colonne.

**N** : la graduation correspond au niveau inférieur de la colonne grasse.

### **5.2.5. Détermination de la teneur en Extrait Sec Total (EST), Extrait Sec Dégraissé (ESD) et l'humidité (NA 679) :**

L'extrait sec total est le taux de matière séché restant après dessiccation. L'extrait sec dégraissé c'est l'extrait sec sans la matière grasse.

#### **Mode opératoire :**

Dans un dessiccateur infrarouge possédant une balance de précision intégré est placée une capsule préalablement séchée et lavée, contenant 3 à 5 grammes de l'échantillon à analyser.

La température du dessiccateur varie selon l'humidité de l'échantillon, elle peut aller de 165 °C pour le lait, lactosérum, mais moins pour la poudre de lait 105 °C.

#### **Expression des résultats :**

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur, la valeur de l'EST est exprimée en (g/L) pour le liquide et en (%) pour le solide.

#### **Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) :**

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

#### **Détermination de l'humidité (%) :**

$$\text{H} (\%) = 100 - \text{EST}$$

Avec : **EST** : extrait sec total

**ESD** : extrait sec dégraissé

**MG** : matière grasse

### **5.2.6. Détermination du rapport matière sèche MG/MS du fromage :**

#### **Principe :**

La teneur en matières grasses dans les matières sèches correspondant au pourcentage en matières grasses contenu dans les matières sèches du fromage ; c'est la détermination simultanée de la teneur en matière sèche et la teneur en matière grasse du fromage.

#### **Expression des résultats :**

La teneur en matière grasse, exprimé en gramme pour 100g de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$(MG/MS).100$$

Avec : **MG** : matière grasse du fromage.

**MS** : matière sèche.

### **5.2.7. Détermination du taux de chlorure :**

#### **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 ( $Fe^{3+}$ ) comme indicateur coloré.

#### **Mode opératoire**

Dans un bêcher, introduire :

- 2g de fromage (broyé et débarrassé de sa croûte) ;
- 25 ml d'AgNO<sub>3</sub> (0,1N) ;
- 25 ml de HNO<sub>3</sub> 65%( 0, 01N) ;
- Chauffer le contenu jusqu'à la coloration jaune citron ;
- Ajouter 15 ml de KMnO<sub>4</sub> 75% jusqu'à l'obtention d'un liquide clair ;
- Ajouter 5 ml de l'Alun de fer à 38% et 100 ml d'eau distillée ;
- Titrer avec le thiocyanate d'ammonium jusqu'à l'apparition de la couleur rouge brique.

### Expression des résultats

La teneur en chlorure est exprimée selon la formule suivante :

$$\text{NaCl} = \frac{(25 - V) \times 0,585}{P}$$

**25** = Volume en ml d'AgNO<sub>3</sub>.

**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 NaCl multiplié par la normalité du nitrate d'argent et celle de thiocyanate d'ammonium.

### 5.2.8. Bilan des matières, rendement et taux de récupération

Lors de la transformation du lait en fromage, il est possible de formaliser le bilan des matières pour un constituant X (matière grasse, protéine, etc.) par le système d'équation :

$$\left\{ \begin{array}{l} m_l \cdot X_l = m_s \cdot X_s + m_f \cdot X_f \\ m_l = m_f + m_s \end{array} \right. \quad (1)$$

Où

**m<sub>l</sub>**, **m<sub>f</sub>** et **m<sub>s</sub>** désignent respectivement les masses (kg) de lait, de fromage et de sérum

**X<sub>l</sub>**, **X<sub>f</sub>** et **X<sub>s</sub>** désignent respectivement les concentrations des constituants X dans le lait, le fromage et le sérum (g/kg).

Le rendement fromager **R<sub>f</sub>** (sans dimensions) est exprimé en kg de fromage pour 100kg de lait mis en œuvre.

$$R_f = \frac{m_f}{m_l} \times 100 \quad (2)$$

En combinant (1) et (2), on obtient :

$$Rf = \frac{Xl - Xs}{Xf - Xs} \times 100$$

**—————→**  $Rf = \frac{mf}{ml} \times 100 = Rf = \frac{Xl - Xs}{Xf - Xs} \times 100$

Il est également possible de calculer le taux de récupération  $T_X$  d'un constituant X dans le fromage selon :

$$T_X = \frac{mf \cdot Xf}{ml \cdot Xl} \times 100$$

# **Résultats et discussion**

## VI. Résultats et discussion

### 6.1. Analyses physicochimiques

#### 6.1.1. La matière première

Les résultats des analyses physicochimiques de la matière première est présenté dans le tableau XII

**Tableau XII : résultats de l'analyse physicochimique du lait**

<i>Paramètre</i>		<i>Après standardisation</i>				<i>Après maturation</i>			
		<i>MG</i> <i>(g/l)</i>	<i>EST</i> <i>(g/l)</i>	<i>ESD</i> <i>(g/l)</i>	<i>Densité</i>	<i>Acidité</i> <i>(°D)</i>	<i>Acidité</i> <i>(°D)</i>	<i>pH</i>	<i>T</i> <i>(°C)</i>
<b>Fixation de la MG</b>	<b>1</b>	33	118	85	1,030	17,16	18,83	6,43	36
	<b>2</b>	33	119	86	1,0295	17,66	18,83	6,41	36
	<b>3</b>	33	120	87	1,0297	18,33	19,5	6,42	36
<b>Fixation de l'EST</b>	<b>1</b>	32	119	87	1,030	17,5	19	6,42	36
	<b>2</b>	33	119	86	1,0295	17,66	18,83	6,41	36
	<b>3</b>	34	119	85	1,0297	18	19,16	6,43	36

Les résultats cité dans ce tableau ont été obtenu en premiers temps par fixation de la MG à une valeur de 33 g/l, et en faisant varier les valeurs de l'EST ; et en un autre temps par fixation de l'EST a une valeur de 119 g/l et faisant varier les taux de la MG, et cela par la technique de standardisation.

D'après ces résultats; Nous avons observé des fluctuations au niveau de la composition chimique relative aux différents laits destinés à la fromagerie.

Ces fluctuations sont dues à l'enrichissement des différents laits (avec la poudre du lait) afin de parvenir à fixer les paramètres voulu pour notre étude,

Le laitensemencé par les levains lactiques est dans le but d'élever l'acidité de ce dernier (LENOIR *et al.*, 1983).

La variation de l'acidité après maturation revient au développement bactérien relatif à chaque lait.

En comparant tous ces résultats aux normes fixées par l'unité (Annexe1), tous les paramètres analysés sont bien conformes.

### 6.1.2. Résultats du lactosérum

Le tableau au dessous nous présente les résultats d'analyses physico-chimiques du lactosérum

**Tableau XIII : résultats des analyses physicochimiques du lactosérum**

Paramètre production		MG (g/l)	EST (g/l)	H%	A (°D)	D
Fixation de la MG	1	4,21	71,5	92,85	10	1,0236
	2	3,5	67,3	93,27	9,8	1,0234
	3	3,63	66,6	93,34	10	1,0235
Fixation de la MG	1	3,5	66,33	93,3	9,6	1,0234
	2	3,5	67,3	93,27	9,8	1,0234
	3	3,83	67,2	93,27	9,8	1,0235

Chaque stade de fabrication est suivi d'une exsudation d'une quantité de lactosérum, elle est importante au niveau du stade caillage (égouttage), puis elle diminue au fur et à mesure qu'on avance dans les retournements

Nos analyses sur le lactosérum récupéré au niveau du stade d'égouttage révèlent une variation de la concentration en éléments entraînés par le lactosérum d'une production à une autre, cela pourrait être attribué soit à la composition chimique du lait de départ, soit aux pratiques technologiques.

Nous observons, que la densité du lactosérum des différentes productions est élevée (>1,023) et se rapproche de celle du lait (1,029) ; ceci signifie une perte des constituants du lait.

### 6.1.3. Résultats obtenus lors du démoulage

Le tableau XIV nous donne les résultats obtenus lors du démoulage

**Tableau XIV : résultats des analyses physicochimiques lors du démoulage**

<i>Production</i> <i>Paramètre</i>	<i>Fixation de la MG</i>			<i>Fixation de l'EST</i>			<i>Norme de l'unité</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
<i>H %</i>	58,59	58,37	58,42	58,71	58,30	58,60	<b>58-60</b>
<i>EST (%)</i>	41,41	41,89	41,57	41,51	41,35	41,24	<b>40-42</b>
<i>pH</i>	4,85	4,83	4,83	4,85	4,84	4,83	<b>&lt; 4,90</b>

Les résultats obtenus sont conformes aux normes préconisées

Pour le paramètre de l'humidité, si les valeurs sont en dehors des normes on risque d'avoir une pâte assez dure (si le taux d'humidité est inférieur à 58%); ou une pâte assez humide donc fragile si l'H% est supérieur à 60%.

Le taux d'EST est lié à l'H%, donc en dehors de cette fourchette citée dans le tableau (40-42), on risque de varier l'H% donc au final on contribue à la dureté ou la fragilité de la pâte.

$$H (\%) = 100 - EST$$

#### 6.1.4. Analyses physico-chimiques du produit fini

Les tableaux XV et XVI nous présentent les résultats d'analyses physico-chimiques du produit fini lors de la fixation de la MG et l'EST.

**Tableau XV: Résultats des analyses physicochimiques lors de la fixation de la MG**

<i>Production</i> <i>Paramètre</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Norme de l'unité</i>
<i>H%</i>	53,56	53,14	54,08	<b>53-54</b>
<i>EST%</i>	46,42	46,82	45,91	<b>45-47</b>
<i>ESD%</i>	27,99	28,32	27,25	<b>26-28</b>
<i>MG%</i>	18,43	18,5	18,66	<b>18-20</b>
<i>G/S%</i>	39,78	38,91	40,06	<b>38-40</b>
<i>pH</i>	4,76	4,76	4,77	<b>4,75-7,78</b>
<i>Cl%</i>	1,55	1,52	1,58	<b>1,54-1,58</b>
<i>Gout</i>	Bon	Manque de sel	Bon	-
<i>Affinage</i>	Bon	Bon	Bon	-
<i>Texture</i>	Bonne	Bonne	Bonne	-
<i>Mucor</i>	Absence	Présence légère	Absence	-
<i>Poids Model (g)</i>	252,30	262,45	279,70	<b>250</b>
<i>Poids totale (kg)</i>	917,33	1171,05	1065,66	-

Tableau XVI: Résultats des analyses physicochimiques lors de la fixation de l'EST

<i>Production</i> <i>Paramètre</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Norme de l'unité</i>
<i>H %</i>	54,67	53,14	54,53	<b>53-54</b>
<i>EST %</i>	46,21	46,82	45,44	<b>45-47</b>
<i>ESD %</i>	27,71	28,32	26,62	<b>26-28</b>
<i>MG %</i>	18,5	18,5	18,77	<b>18-20</b>
<i>G/S %</i>	40,03	38,91	41,32	<b>38-40</b>
<i>pH</i>	4,76	4,76	4,76	<b>4,75-7,78</b>
<i>Cl%</i>	1,52	1,52	1,59	<b>1,54-1,58</b>
<i>Gout</i>	Manque de sel	Manque de sel	Trop salé	-
<i>Affinage</i>	Bon	Bon	Bon	-
<i>Texture</i>	Bonne	Bonne	Bonne	-
<i>Mucor</i>	Présence légère	Présence légère	Présence légère	-
<i>Poids Model (g)</i>	265,94	262,45	268,62	<b>250</b>
<i>Poids totale (kg)</i>	1068,87	1171,05	1295,97	-

Les résultats obtenus au cours de l'analyse physicochimique du Camembert « Tassili » sont globalement conformes aux normes ; toutefois, nous remarquons :

- Une faible teneur en chlorure au niveau de la production 2 (tableau XV), et les productions 1 et 2 (tableau XVI) ; une forte teneur en chlorure au niveau de la 3<sup>ème</sup> production (tableau XVI), et ceci peut s'expliquer par un mauvais salage.

○ Une présence légère de Mucor dans la 2<sup>ème</sup> production du tableau XV, et les trois productions du tableau XVI ; 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).

- Le poids du fromage est supérieure à la norme, ceci s'explique par :
  - L'augmentation du poids est due aux corrections faites au moment des retournements.
  - L'addition du caillé manuellement influe directement sur le poids du fromage.

### 6.1.5. Rendements et taux de récupération

Les taux de récupérations et les moyennes des rendements sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau XVII : résultats moyens des rendements et des taux de récupérations**

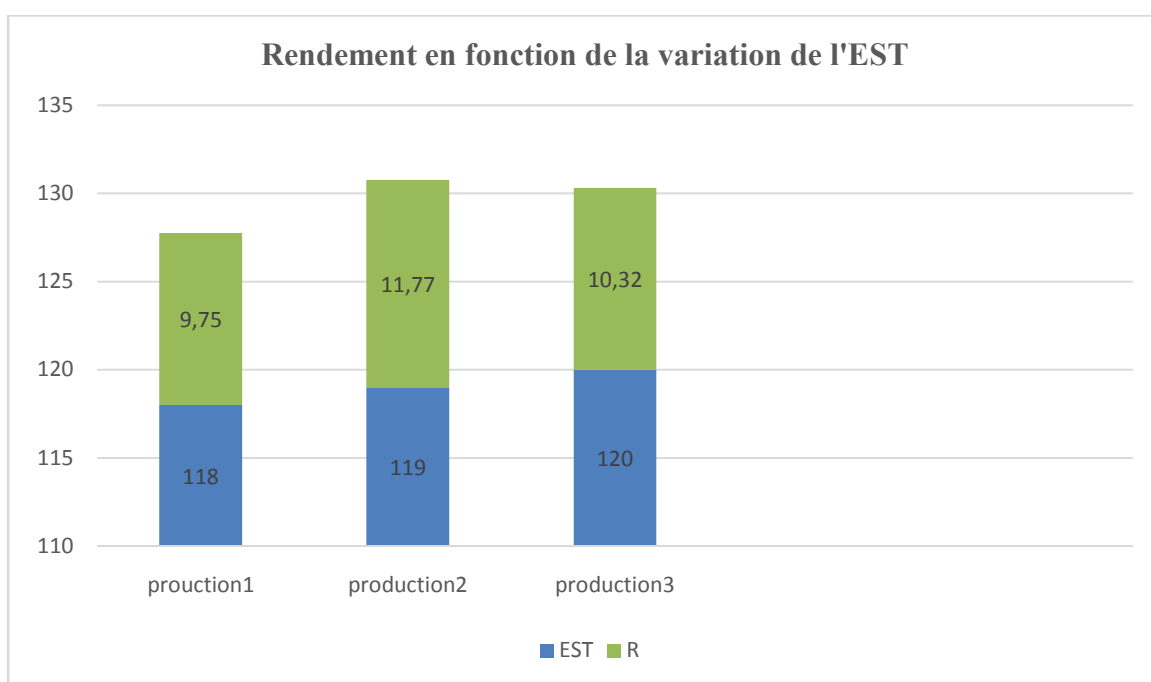
<i>Paramètre</i>		<i>Taux de récupération</i>		<i>Rendement élémentaire</i>		<i>Rendement global (%)</i>
		<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>	<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>	
<i>Production</i>		<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>	<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>	
<i>Fixation de la MG</i>	<i>1</i>	38,48	54,62	12,62	16,49	9,75
	<i>2</i>	48,26	69,14	13,43	16,75	11,77
	<i>3</i>	41,01	60,24	14,17	16	10,32
<i>Fixation de l'EST</i>	<i>1</i>	45,87	69,64	13,87	16,18	11,52
	<i>2</i>	48,26	69,14	13,43	16,75	11,77
	<i>3</i>	51,14	76,86	13,80	16,91	12,98

Les rendements en fromage relative aux différentes productions sont instables, ceci est peut être dû à la variation de la composition chimique du lait de départ d'une part, et à la maîtrise de bonnes pratiques de fabrication d'autre part.

Toutefois ;

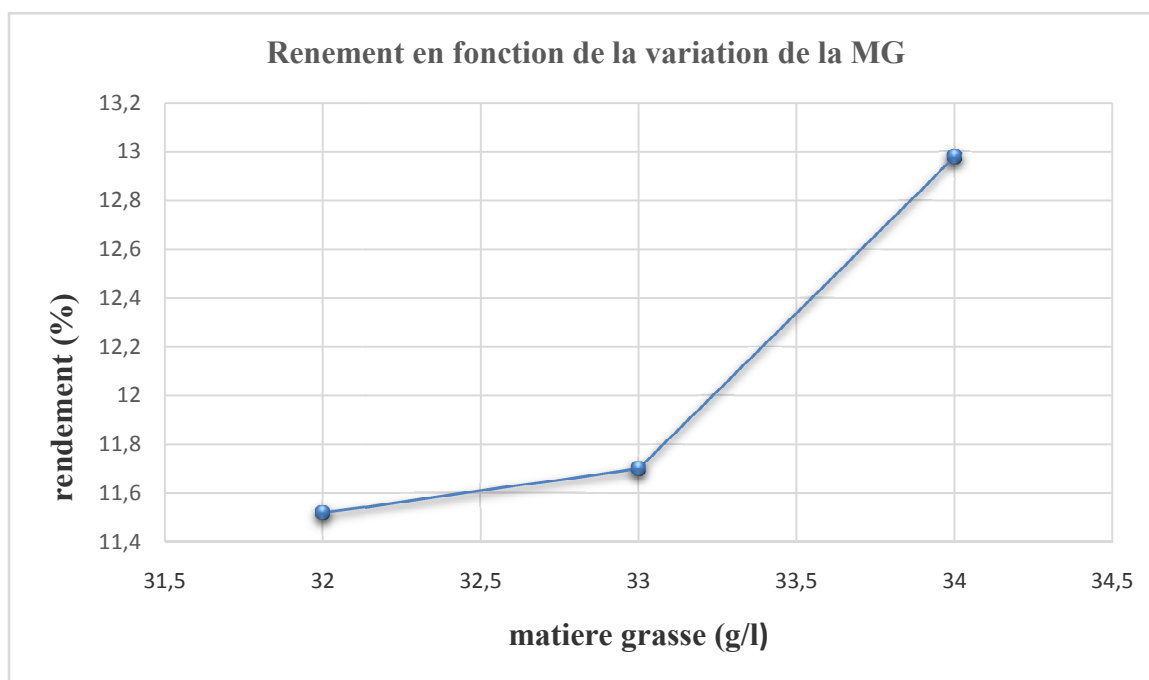
✚ lors de la fixation de la matière grasse (figure 16) on a pu constater que pour une MG=33g/l, l’EST=119g/l (production 2) est la valeur favorable pour l’obtention un bon rendement ; par contre au niveau de la production 1 et 3, on remarque que le rendement est faible et cela peut être expliqué : ces deux valeur d’EST (118g/l – 120g/l) ne sont pas favorable pour cette MG à fin d’avoir un bon rendement.

- La matière grasse, en quantité trop importante peut devenir gênante car elle va encombrer le réseau protéique formé lors de la coagulation (cas de la production1).
- Pour le cas de la 3<sup>ème</sup> production on peut dire que le taux de matière grasse est insuffisant pour l’EST utilisé.



**Figure 16 : fixation de la MG à 33g/l.**

✚ Lors de la fixation de l’EST (figure 17), en augmentant le taux de matière grasse on remarque l’augmentation du rendement en parallèle, en effet le rendement augmente avec la MG.



**Figure 17 : fixation de l'EST à 119 g/l.**

Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation.

❖ Les rendements élémentaires ainsi que les taux de récupérations élémentaires varient d'une manière proportionnelle à la teneur en éléments du lait ; cela est expliqué par l'existence d'un lien directe entre le rendement fromager et la composition du lait de départ.

## VII. Analyse statistique

### 7.1. Traitement statistique des résultats (ANOVA)

L'étude statistique des valeurs relatives aux rendements par rapport à chaque production lors de la fixation de l'EST et la MG, montrent une différence significative tout en exploitant un test de probabilité qui se résume comme suit :

Les valeurs limites de la probabilité se situent entre 0 et 1 ( $0 < p < 1$ ).

- ✓ Pour une  $0.01 < P < 0.05$ , on note une différence significative.
- ✓ Pour une  $0.001 < P < 0.01$ , on note une différence hautement significative.
- ✓  $P < 0.001$ , note une différence très hautement significative.

**Tableau XVIII : analyse de la variance du rendement lors de la fixation de l'EST.**

### ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5,763	8	0,72				
VAR.FACTEUR 1	3,733	2	1,867	5,518	0,04393		
VAR.RESIDUELLE 1	2,03	6	0,338			0,582	4,81%

Cette étude représente une probabilité de  $0.01 < 0.04 < 0.05$ , ce qui veut dire une différence significative dans les rendements relatifs à chaque production ; donc la matière grasse a une influence sur le rendement.

### ECARTS-TYPES DES RESIDUS

ECARTS-TYPES FACTEUR 1 = MG

1 (D32)	2 (D33)	3 (D34)
0,443	0,39	0,816

KHI2 = 1.089

PROB =0.58588

Tableau XIX : analyse de la variance du rendement lors de la fixation de la MG

## ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	10,352	8	1,294				
VAR.FACTEUR 1	7,69	2	3,845	8,665	0,0176		
VAR.RESIDUELLE 1	2,662	6	0,444			0,666	6,33%

Cette étude représente une probabilité de  $0,01 < 0,01 < 0,05$ , ce qui veut dire une différence significative dans les rendements relatifs à chaque production ; donc l'EST a une influence sur le rendement.

## ECARTS-TYPES DES RESIDUS

ECARTS-TYPES FACTEUR 1 = EST

1 (E118)	2 (E119)	3 (E120)
1,052	0,39	0,27

KHI2 = 3.21

PROB =0.19884

# **Conclusion**

## **Conclusion**

Au cours de notre travail nous avons suivi la chaîne de fabrication, les caractéristiques physicochimiques de la matière première jusqu'au produit fini ; ainsi que l'influence de la variation du taux de la matière grasse sur le rendement final du camembert.

Ce travail nous a permis de relever les points suivants :

Tous les paramètres du lait sont conformes aux normes fixées par l'unité.

Pour le produit fini, tous les paramètres sont conformes aux normes sauf :

- ✓ Le poids qui est supérieur à celle des normes ;
- ✓ Le chlorure qui est inférieur à la norme dans quelques productions, et aussi supérieur aux normes dans quelques autres ;
- ✓ Présence légère du Mucor à cause d'un manque de sel.

La matière grasse a vraiment une influence sur le rendement final du camembert, en effet ce dernier augmente en parallèle avec le taux de matière grasse, jusqu'à atteindre un point où on distingue une chute (le déclin), c'est là que commence l'effet inverse de la matière grasse sur le rendement ; car la matière grasse, en quantité trop importante peut devenir gênante, elle va encombrer le réseau protéique formé lors de la coagulation.

A l'issue de notre étude on n'a pas pu arriver à ce point où commence l'effet inverse de la matière grasse, vu les limites imposées par l'unité.

La matière grasse n'est pas le seul facteur influençant sur le rendement final du camembert, il y a d'autres facteurs qui rentrent et qui ont un impact sur ce dernier.

# *Références bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

1. **ADRIAN J., POTUS J., et FRANGE R. (2003).** La science alimentaire de A à Z, Lavoisier, 3<sup>ème</sup> édition. P549.
2. **ADRIAN J., POTUS J. et FRANGNE R., (2004).** La science alimentaire de A à Z ,2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).
3. **AFNOR. (1986).** Contrôle de qualité des produits laitiers. 3<sup>ème</sup> Ed.
4. **ALAIS C. et LINDEN G. (1993).** Biochimie alimentaire. Masson ,2<sup>ème</sup> édition paris.
5. **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In **VIGNOLA C.L,** Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN P :1-69 (600 pages).
6. **BANKS J.M., MUIR D.O., TAMINE A.Y., (1984).** Equation for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production. *Dairy Ind* 49(4), 14-17.
7. **BERTRAND F. (1988).** Le fromage grand œuvre des microbes. Revue générale du froid, 78. P: 519-527.
8. **BIOCHARD D. (1986).** Relation entre production et fertilité chez la vache laitières. Revue : Elev. Et Inse. N° 213, p : 15-23.
9. **BOUREGOISE. CM et LARPENT. (1989) :** Microbiologie alimentaire. Tome 2 .Pp. 31, 34.
10. **BRUNNER J., (1981).** Cow milk proteins: twenty five years of progress. *J dairy Sci*, 1981,64: 1038-1054. In **BUCHIN S., MARTIN B., DUPONT D., BORNARD A., ACHILLEOS C., 1999.** Influence of the composition of Alpine high land pasture on the chemical, rheological and sensory properties of. *J. Dairy Res.*, 66, 579-588.
11. **BUGAUD C., BUCHIN S., HAUWUY A., COULON J.B., 2002.** Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'Abondance. *INRA Prod. Anim.*, 15, 31-36
12. **BYLUND G., (1995).** Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86 , Lund ,Sweden : 18- 23-381(436 pages).

13. **CAPLET C., THIBIER M., 1973.** *In* La vache laitière 2<sup>ème</sup> édition : Vigote frères ,720p.
14. **CAROLE L.V., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation et technologie laitier du Québec. P : 29-407.
15. **CAROLE, L.V., (2006).** Le fromage. 3<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Paris. P : 691-694.
16. **CHILLIARD Y., FERLAY A., MANSBRIDGE R.M., DOREAU M., 2000.** Ruminant milkfat plasticity: nutritional control of saturated, poly unsaturated, Trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, 151-205.
17. **CODEX alimentarius. (1996) :** Programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaire et l'agriculture Organisation Mondiale de la santé. 2eme édition.
18. **COLIN O., LAURENT F., VIGHON B. (1992).** Variation du rendement fromager en pâte molle, relation avec la composition du lait et les paramètres de coagulation .P : 307-319.
19. **COLLOMB M., BÜTIKOFER U., SPAHNI M.,JEANGROS B., BOSSET J.O., 1999.** Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sci. Aliments*, 19, 97-110
20. **COULON J.B., (1994).** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. *INRA Prod. Anim.*,4 (4) : 303-309 *In* **POUGHEON S.,**Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire ,Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 59 (102 pages).
21. **D'HOOR P., COULON J.B. (1994).** Variation de la production et de la composition du lait au pâturage en fonction des conditions climatiques. *Annales de zootechnie*, 43, P : 105-109.
22. **DEBRY G., (2001).** Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21(566 pages).
23. **DILLON, J. C ET BERTHIER, A.M. (1997).** Le fromage dans l'alimentation. *In* : « fromage ». Ed : Eck et Gillis. Lavoisier, Paris.
24. **ECK A. (1987).** Le fromage. Technique documentation. 2<sup>ème</sup> Ed .Lavoisier. Paris. P : 13, 17, 137,138. 529.
25. **ECK A. (1990) :** Le fromage, Lavoisier, 2eme édition, paris. P. 539.
26. **ECK A. (1990).** Le Fromage 3eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.
27. **ECK A. (1997) :** Le fromage, Lavoisier, 4eme édition, Paris. P. 875.
28. **ECK, A et Gillis J.C. (1997) :** Le fromage, 3<sup>ème</sup> édition, Paris. 891P.

29. **ECK et GILLIS J.C. (2006)** : Le fromage, Lavoisier, 3eme édition, Paris. P.874.
30. **FAO (Food Agriculture Organisation)**. Le Lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. 1998 ; 346.
31. **FREDOT E., (2006)**. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).
32. **GAUCHERON F., (2004)**. Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier. P : 494-783. (922 pages).
33. **GUIRAUD J et GALZY P. (1980)** : Les analyses microbiologiques dans les industries agroalimentaires. Edition de l'usine nouvelle. Paris. P.236.
34. **GUIRAUD J., (2003)**. Microbiologie alimentaire. Edition DUNON, Paris. Pp : 136-141.
35. **HANNO R., LEHMANN E., DOLLE K.H., 1991**. Centrifuges for milk clarification and bacteria removal. Technical scientific documentation, second édition, 12, pp: 19-29. **VANDEWEGH J., 1997**. Le rendement en fromage: prédétermination et mesure, *in* : ECK A. Le fromage. 2ème édition Tec et Doc Lavoisier, pp : 791 – 874.
36. **HURTAUD C., VERITE R., RULQUIN H. (1991)**. Détermination de l'aptitude des laits à la transformation fromagère : intérêt et limites des tests de laboratoire, journée sur la qualité du lait.
37. **JEAN C., et DIJON C., (1993)**. Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.
38. **JEANTET R., CROGUENEC T., SCHUCK P. et BRULE G., (2007)**. Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456 pages).
39. **JENSEN R., (1995)**. Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press,Inc:3 (919 pages)
40. **LENOIR J, LAMBERT G et SCHMIDT J.L. (1983)** : L'élaboration d'un fromage exemple camembert pour la science. Pp .93.
41. **LIBOUGA D.G., VERCAIGNE-MARKO D., DJANGAL S. L., I. CHOUKAMBOU, EBANGI A.L., M. OMBIONYO, BEKA R.G., ABOUBAKAR T.M., GUILLOCHON D., 2006**. Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *Balanites aegyptiaca*. Tropicultura, 24, pp : 229-238.
42. **LUQUET, FM. (1990)** : Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Transformation et technologie. Edition technique et documentation. Lavoisier (2eme édition. Tome 2). P. 26-633.

43. **MAUBOIS JL, RICORDEAU G, MOCQUOT G (1970).** Étude des rendements en fromagerie de Camembert et de Saint-Paulin. Lait 50, 351.
44. **MAHAUT M., JEANTET R., SCHAK P. BRUL G. (2000).** Les produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. P: 26-180.
45. **MATHIEU J., (1999).** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
46. **MAUBOIS J.L., RICORDEAU G., MOCQUOT G (1970).** Etude des rendements en fromagerie de Camembert et de Saint-Paulin. Lait 50. P : 351-373.
47. **MCSWEENEY P.L.H et SOUSA J.M., 2000.** Biochemical pathways for the production of flavour compound in cheese during ripening: Review milk n° 80.Pp. 293 à 324.
48. **MEYER C., DUTEURTREG. (1998).** Equivalent lait et rendement en produit laitiers : modes de calculs et utilisation. P : 247-257.
49. **MIETTON. (1986).** La préparation des laits de fromage en technologie pâte molle. Industrie alimentaire et agricole.
50. **MIETTON B. (1995).** Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. Revue des ENIL, 189, 19-27.
51. **MUNRO G.L., GRIEVE P.A., KITCHEN B.J., 1984.** Effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products. Aust. J. Dairy Technol., 39, 7-16
52. **NEELAKANTEN J., SHAHANI K.M., ARNOLD R.G. (1971).** Lipases and flavor development in some Italian cheese varieties. Food Production Développement, 5,52-58.
53. **NEVILLE M. C et JENSEN R. G., (1995).** The physical properties of human and bovine milks In **JENSEN R.,** Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82 (919 pages) .
54. **POUGHEON S .et GOURSAUD J., (2001).** Le lait caractéristiques physicochimiques In **DEBRY G.,** Lait, nutrition et santé, Tec et Doc,
55. **POUGHEON S., (2001).** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France.P : 31-34 (102 pages).
56. **SCRIBAN R. (1999) :** Biotechnologie 5eme édition technique et documentation Lavoisier. Paris.

- 57. SRAIRI M.T., HASNI ALAOUI I., HAMAMA A., FAYE B. (2005).** Relation entre pratiques d'élevages et qualité globale du lait de vache en étable sub urbaines au MAROC. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156 (3). P : 155-162.
- 58. St-GELAIS D. et TIRARD-COLLET P. (2000).** Le fromage : *In* : « science et Technique du lait : transformation du lait » Ed : presses internationales polytechnique, Montréal. 349-412
- 59. THAPON J.L., (2005).** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: P : 14-51.(77 pages).
- 60. TREMOLIERE, J ., SERVILLE, Y ., JACQUOT, R .ET DUPIN, H. (1984).** Manuel d'alimentation humaine. Tome 1.
- 61. URBACH G., 1990.**Effect of feed on flavor in dairy foods. *J.DairySci.*, 73, 3639-3650
- 62. VEISSEYRE R. (1975) :** Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait 2<sup>ème</sup> Ed. La maison Rustique. Paris. P : 461-692.
- 63. VEISSEYRE R., (1975).** Technologie du lait : Constitution, Récolte, Traitement et Transformation du lait, 3<sup>ème</sup> édition. Rustique. P1. P3.
- 64. WERBER F. (1997).** Altération des produits laitiers par les bactéries lactiques. In « Bactéries lactiques » DE ROISSART H, LUQUET F, M. Ed. LORICA, URIAGE. P : 567-572.

## Webographie

1. **ANONYME 1. (1991).** L'utilisation des ferments lactiques en laiterie. Centre d'enseignement par correspondance.
2. **ANONYME 2.** [http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/fiche\\_ameliorer\\_rendement.pdf](http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/fiche_ameliorer_rendement.pdf)
3. **ANONYME 3.** [http://Annexe 1 Rappels fondamentaux sur acidification / égouttage en PPNC \(1\) PDF](http://Annexe 1 Rappels fondamentaux sur acidification / égouttage en PPNC (1) PDF)
4. **ABOUTAYEB R., (2009).** Technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.
5. **FAVIER J. C., (1985).** Composition du lait de vache-Laits de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

6. **FRANWORTH E. et MAINVILLE I ., (2010).**Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>
7. **HODEN P., et COULON H., (1991).**Composition chimique du lait, <http://www.2.vet.lyon.fr>.
8. **MITTAINE J., (1980).**Les laits autres que le lait de vache, [http://whqlibdoc.who.int/monograph/ who mono](http://whqlibdoc.who.int/monograph/who_mono).
9. **STOLL W., (2003).** Vaches laitières -L'alimentation influence la composition du lait , vol 9 , [http:// www.db- alpadmin-ch/ fr/ publication en / docs/ 2612.pdf](http://www.db-alpadmin.ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf).

# **Annexes**

**ANNEXE 1****Tableau XX** : normes fixées par l'unité pour les éléments du lait destinés à la fromagerie

<b>Paramètres</b>	<b>Normes</b>
<b>MG (g/l)</b>	32-36
<b>Acidité (°D)</b>	16-18
<b>Densité (g/kg)</b>	1,029-1,035
<b>ESD (g/l)</b>	84-87
<b>EST (g/l)</b>	117-121

## ANNEXE 2 :

- Détermination de la densité

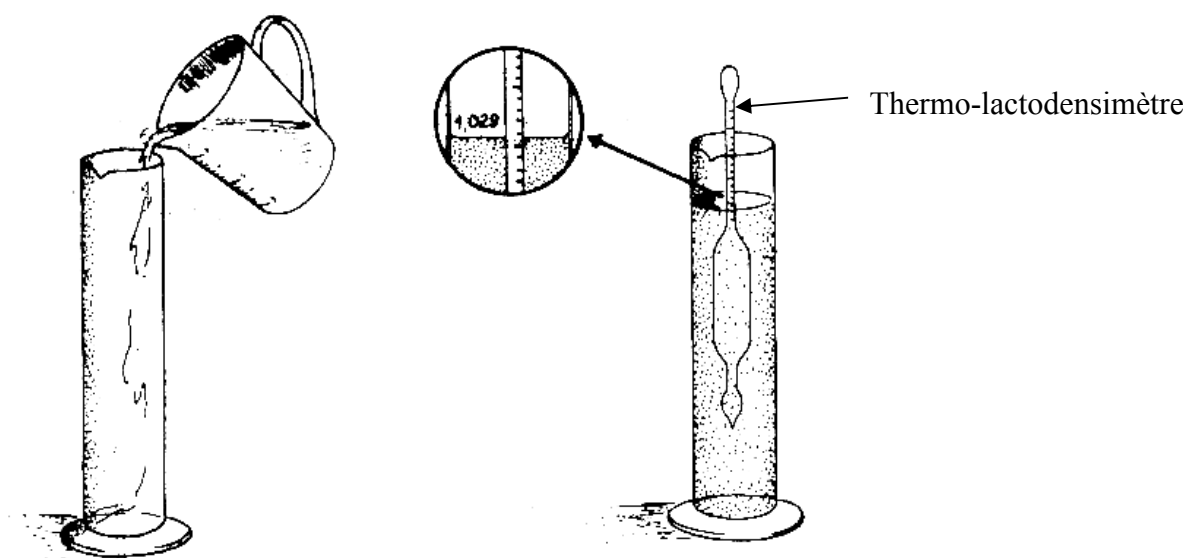


Figure 18 : Détermination de la densité

**Interprétation des résultats.**

Pour le lait de vache avec une certaine approximation la lecture de la densité du lait peut être interprétée de la façon suivante:

Lecture au lactodensimètre	Résultat
1,028 à 1,033	Lait normal
moins de 1,028	Lait dilué
1,033 à 1,037	Lait écrémé

- Détermination de l'acidité

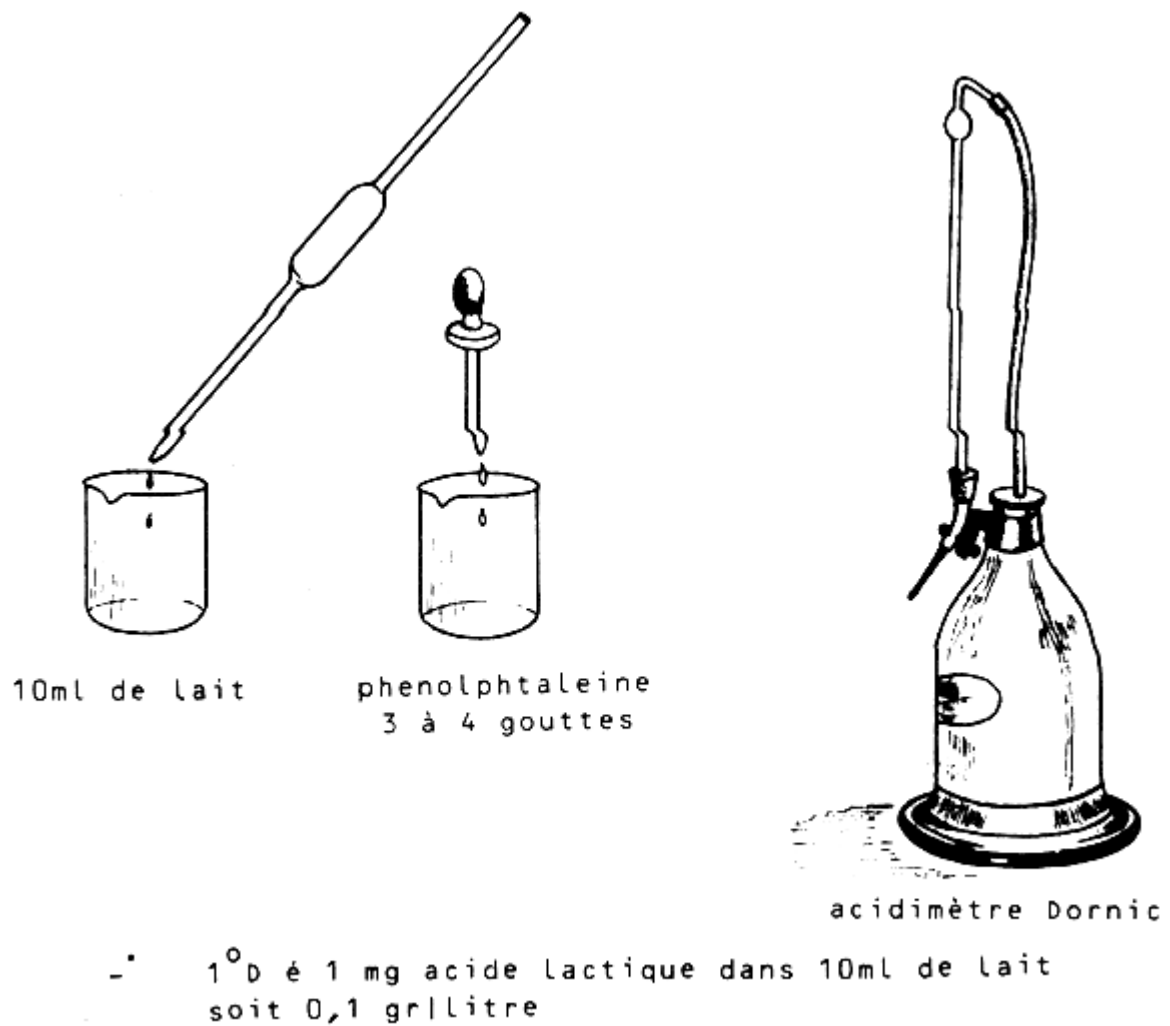


Figure 19 : Détermination de l'acidité

- Détermination de la MG avec un butyromètre

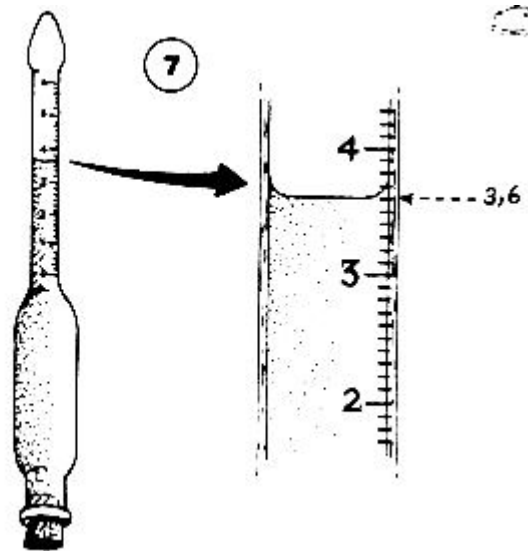
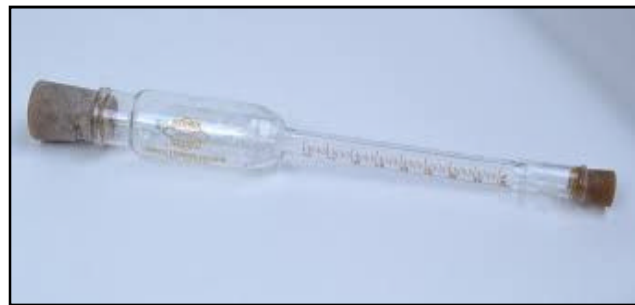


Figure 20: Détermination de la MG



Butyromètre GERBER



Butyromètre VAN GULIK

ANNEXE 3



Figure 21 : Dessiccateur infrarouge



Figure 22 : Centrifugeuse



Figure 23 : pH-mètre

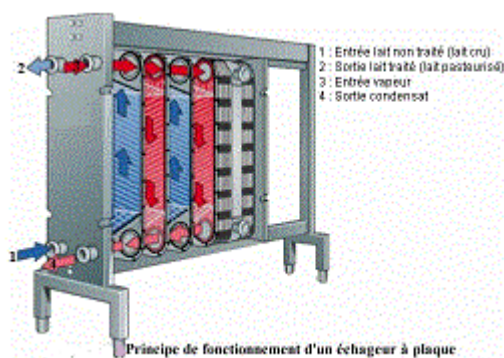


Figure 24 : Échangeur à plaque



Figure 25 : Pasteurisateur