

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Alimentaires**

**Spécialité Production et Transformation Laitière**



**Réf :.....**

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme  
**MASTER**

## *Thème*

**Les différents types de fromage  
Algériens et les préférences de  
consommation des clients**

Présenté par

**Djemaa Daoud et Azzoug Sabrina**

Soutenu le : **16 Septembre 2020**

Devant le jury composé de :

**Mlle. BRAHMI Fatiha**

**MCA**

**Présidente.**

**Mlle. FELLA samira**

**MAA**

**Examinatrice.**

**Mlle. ISSAADI Ouarda**

**MAA**

**Promotrice.**

**Année universitaire : 2019 / 2020**



## ***REMERCIEMENTS***

Avant tout, nous tenons à remercier *le bon Dieu* le tout puissant  
De nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour  
achever ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice M<sup>lle</sup> **ISSAADI O**, pour  
son aide précieuse et le temps consacré pour notre orientation tout  
au long de la période de réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier profondément M<sup>lle</sup> **BRAHMI F** pour  
avoir bien voulu présider ce jury et nous faire bénéficier de son  
examination rigoureuse et pertinente.

Nos sincères remerciements sont adressés à M<sup>me</sup> **FELLA S**  
Pour avoir bien voulu examiner notre travail et rehausser sa  
qualité à travers ses remarques et critiques judicieuses.

Enfin, il nous est agréable d'adresser nos remerciements à tous  
ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce  
mémoire de fin de cycle.

## ***MERCI À TOUS***





# ***DEDICACES***

*Je dédie ce travail, en signe de respect et de  
Reconnaissance :*

*À celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon  
bonheur et ma réussite, à **ma mère** le symbole de tendresse et  
d'intention. À **mon père**, école de mon enfance, qui a été mon  
ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au  
long de ma vie à m'encourager.*

*Pour vos sacrifices, vos soutiens moral et financier tout au  
long de mon parcours scolaire. Que Dieu vous gardes et vous  
protèges.*

*À **mon petit frère** et **ma soeur**, qui m'ont encouragé tout le  
long de ce travail, je vous souhaite que du bonheur et de la  
réussite dans votre vie.*

*À tous ceux qui me sont chers, là où ils pourraient se  
trouver.*

*À ma binôme **Sabrina** et à toute personne que je n'ai pas  
citée et qui ma aidé de près ou de loin, je vous remercie.*



***Daoud***

# DEDICACES

*Au nom du Dieu le tout puissant, à qui je dois tout, et surtout d'avoir honoré et éclairé mon chemin par le savoir, ainsi de m'avoir donné la volonté et le courage d'aborder ce projet. Je tiens à dédier ce modeste travail à :*

*Mon père **Mouhoub***

*Tu es un pilier solide et incontournable pour ma personne et mon parcours, ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Que Dieu te donne la santé et longue vie.*

*Ma mère **Zahra***

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont elle ne cesse de me combler, que ce travail soit pour toi le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension, tu es pour moi une source de joie et de bonheur, un soutien moral qu'elle n'a jamais cessé de m'apporter que Dieu te bénisse.*

*Spécialement mon très cher mari **Sofiane***

*Mon soutien moral, et source de stimulation et motivation tout au long de ma formation*

*Aux personnes dont j'aurai bien aimé leur présence dans ce jour :*

*À mes chers frères **NADIR, FAHIM, YACINE** et mes très chères sœurs **MIRA, NESRINE, SALI**, sans oublier Mon grand-père **Rachid** et sa femme **DIDA**. Dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leurs conseils, aides et encouragements.*

*A mes chers copains :*

*Mes sœurs de la résidence Berchiche Lamuche, Rosa, Najet, Syham, Manal, Hania, hassiba, hadjira, djidji, kenza, lamia, zouzou, loubna, nawal ;*

*Mes chères amies Souhila, Manissa, Sabrina.*

*Sans oublier : Ma chère promotrice M<sup>lle</sup> **ISSADI** Pour l'aide compétente qu'elle nous a apportés, pour sa confiance et son encouragement.*

*Mon binôme **Daoud**, avec qui j'ai partagé des moments le long de ce travail.*

*À tous les étudiants de ma promotion production et transformation laitière ;*

*À tous mes proches, tous la famille Azzoug et Megdoud et Bedreddine.*

***Sabrina***

## *Table de matière*

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction** .....01

### **Chapitre I : Le lait**

1- Définition du lait	02
2- Constituants du lait	02
2-1- Lipides	03
2-2- Eau	05
2-3- Enzymes	05
2-4- Lactose	06
2-5- Vitamines	06
2-6- Minéraux	07
2-7- Protéines	08
2-7-1 Caséines	08
2-7-2- Protéines du lactosérum	08
3- Caractères physico-chimique	09
3-1- Masse volumique à 20°C	09
3-2- Viscosité à 20° C	.09
3-3- Point de congélation	09
3-4- pH et acidité	.09
3-5- Etat de l'eau	10
3-6- Point d'ébullition	10

### **Chapitre II : Le fromage**

1- Lait fermenté	11
2- Définition du fromage	11
3- Les types de fromages	12
3-1- Fromage frais	13
3-2- Fromage fondu	13
3-3- Fromage à pâte molle	14
4- Constituants des fromages	14
4-1- Protéines	14
4-2- Valeur énergétique	14
4-3- Calcium	15
4-4- Vitamines	15
4-5- Lipides	16

4-6- Sodium .....	16
5- Fromage dans le monde .....	17
5-1- Production mondiale de fromages .....	17
5-2- Généralités sur l'industrie laitière algérienne .....	18
5-3- Consommation Algérienne de fromage .....	19
6- Enquête sur la préférence des clients .....	19
6-1- Objectif de l'enquête .....	19
6-2- Population ciblée. ....	19
6-3- Déroulement de l'enquête.. ....	20
6-4- Résultats de l'enquête.. ....	20

### **Chapitre III : Technologie Fromagère**

1- Standardisation physicochimique et biologique des laits .....	21
2- Coagulation. ....	22
2-1- Coagulation acide. ....	22
2-2- Coagulation par voie enzymatique .....	22
2-3- Coagulation mixte .....	23
3- Égouttage .....	23
3-1- Coagulum obtenu par action enzymatique .....	24
3-2- Coagulum obtenu par voie acide .....	24
3-3- Coagulum mixte .....	25
4- Salage .....	27
5- Affinage. ....	27
5-1- Agents d'affinage .....	28
5-1-1- Enzymes naturelles du lait .....	28
5-1-2- Présure .....	28
5-1-3- Agents microbiens des fromages .....	28

### **Chapitre IV : Principaux fromages fabriqués en Algérie**

1- Fromages frais .....	30
1-1- Types de fromages frais .....	30
1-2- Microbiologie du fromage frais .....	31
1-3- Etapes de fabrication de fromage frais .....	32
1-3-1- Préparation du lait .....	32
1-3-2- Coagulation. ....	32
1-3-3- Égouttage et moulage .....	32
2- Fromages à pâtes molles type camembert .....	34
2-1- Composition et valeur nutritionnelle .....	34
2-2- Microbiologie du camembert .....	34

2-2-1- Bactéries .....	35
2-2-1-1- Ferments lactiques .....	35
2-2-1-2- Ferments d'affinage .....	35
2-2-2- Levures .....	36
2-2-3- Moisissures .....	36
2-3- Étapes clés de la fabrication du camembert .....	37
2-3-1- Phase d'ensemencement et de maturation .....	37
2-3-2- Coagulation .....	37
2-3-3- Moulage .....	37
2-3-4- Affinage .....	37
3- Fromages fondus .....	39
3-1- Valeur nutritionnelle .....	39
3-2- Technologies de la fonte .....	40
<b>Conclusion.</b> .....	43

**Références bibliographiques**

**Annexes**

## Liste des abréviations

<b>Aw :</b>	Activité d'eau
<b>°C :</b>	Degré Celsius
<b>CMP :</b>	Caséine Macro Peptide
<b>°D :</b>	Degré Dornic
<b>ES :</b>	Extrait Sec
<b>ESD :</b>	Extrait Sec Dégraissé
<b>EST :</b>	Extrait Sec Total
<b>HFD :</b>	Humidité d'un fromage dégraissé
<b>HRED :</b>	Humidité Relative Extrait Dégraissé
<b>KJ :</b>	Kilojoule
<b>LPL :</b>	Lipoprotéine lipase
<b>MG :</b>	Matière Grasse
<b>MGLA :</b>	Matière Grasse Laitière Anhydre
<b>MP :</b>	Matière Protéique
<b><math>\eta</math> :</b>	Viscosité
<b>ONS :</b>	Office National des Statistiques
<b><math>\rho</math> :</b>	Masse volumique
<b>Pa :</b>	Pascal
<b>pH :</b>	Potentiel Hydrogène
<b>T :</b>	Température
<b>UFC :</b>	Unité Formant Colonie
<b>UHT :</b>	Ultra Haute Température
<b>UI :</b>	Unité Internationale
<b><math>\mu\text{m}</math> :</b>	Micromètre



## Liste des figures

<b>N° figure</b>	<b>Titre</b>	<b>N° page</b>
<b>Figure 1</b>	Composition de la matière grasse du lait	<b>4</b>
<b>Figure 2</b>	Bases de la fromagerie	<b>12</b>
<b>Figure 3</b>	Diffèrent wilaya où l'enquête réalisée	<b>19</b>
<b>Figure 4</b>	Diagramme en secteurs représentant les préférences des clients Algériens pour les trois types de fromage (%)	<b>20</b>
<b>Figure 5</b>	Diagramme de fabrication des fromages frais	<b>33</b>
<b>Figure 6</b>	Diagramme de fabrication du camembert industriel	<b>38</b>
<b>Figure 7</b>	Diagramme de fabrication du fromage fondu	<b>42</b>

## Liste des tableaux

<b>N° tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>N° page</b>
<b>Tableau I</b>	Composition moyenne des laits des différentes espèces animales	<b>3</b>
<b>Tableau II</b>	Composition lipidique globale du lait de vache	<b>4</b>
<b>Tableau III</b>	Vitamines du lait de vache	<b>7</b>
<b>Tableau IV</b>	Valeur nutritionnelle des principaux fromages pour 100 g	<b>16</b>
<b>Tableau V</b>	Principaux producteurs de fromage 2013 (Milliers de tonnes)	<b>17</b>
<b>Tableau VI</b>	Principaux exportateurs de fromage 2013 (milliers de tonnes)	<b>17</b>
<b>Tableau VII</b>	Moyenne des préférences des clients pour chaque type de fromage en % par wilaya	<b>21</b>
<b>Tableau VIII</b>	Caractères des coagulums en début d'égouttage en fonction du type de coagulation	<b>26</b>
<b>Tableau IX</b>	Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage des fromages	<b>29</b>
<b>Tableau X</b>	Différents types de fromages frais	<b>30</b>
<b>Tableau XI</b>	Composition en nutriments de différents types de fromages frais	<b>31</b>
<b>Tableau XII</b>	Composition du fromage fondu par 100g	<b>40</b>

# **Introduction**

# Introduction

---

Le lait a toujours été considéré dans toutes les civilisations comme un produit noble en raison de son adaptation parfaite aux besoins nutritionnels et physiologiques de l'Homme. Cependant, son instabilité biologique et physico-chimique constitue un facteur limitant son utilisation. De plus, la teneur du lait en eau et en nutriments fait de lui une denrée alimentaire hautement périssable qui favorise la croissance des microorganismes (**Jeantet et al., 2011**).

Pour cela, dans l'optique d'augmenter sa durée de conservation, le lait peut subir de nombreuses transformations et donner lieu à différents produits tels que : le lait fermenté écrémé, le yaourt, le beurre ou le fromage (**Vignola, 2002**).

Le fromage fut à son origine, un mode de conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservés, au prix de fermentation que l'Homme a appris à diriger (**Eck et Gillis, 2006**). Les fromages dont la qualité nutritionnelle et organoleptique sont appréciées par l'Homme dans presque toutes les régions du globe, constituent des formes de conservation et de report ancestrales de la matière utile du lait (**Jeantet et al., 2017**).

Selon la technologie mise en œuvre, plusieurs variétés de fromages se distinguent, dont les fromages frais, à pâte molle et fondus. La qualité microbiologique de ces différents types de fromages est liée à leurs procédés de fabrication et leurs caractéristiques physico-chimiques desquels relèvent la persistance et la survie des microorganismes qui s'y trouvent. Le pH, la température et l'activité de l'eau ( $A_w$ )..., ont des effets significatifs sur la viabilité et l'activité de la flore microbienne de tout produit alimentaire (**Lenovich, 1987**). La connaissance des produits laitiers fermentés permettrait la préservation d'un savoir-faire ancestral et contribue à faire vivre les régions rurales (**Koussou et al., 2007**).

En Algérie, le marché du fromage est estimé à 100 000 tonnes par an (**M.I.A.A, 2015**). La présente étude s'inscrit dans ce cadre, elle vise à mettre en évidence les principaux types de fromages fabriqués en Algérie et de connaître les préférences de consommation des clients dans ce pays, pour cela, nous avons tracé les objectifs suivants :

- Une première partie, qui comporte des généralités sur le lait et ses caractères physico-chimiques.
- Une deuxième partie, qui comporte des généralités sur le fromage, sa production mondiale et l'enquête sur la préférence des clients.
- La troisième partie, sur la technologie fromagère et enfin un dernier chapitre qui sera consacré aux principaux types de fromages fabriqués dans le pays.

# **Chapitre I**

## **Le lait**

# Chapitre I Le lait

---

## 1- Définition du lait :

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes alimentaires à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (**Luquet, 1987**).

La dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache, par contre le lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination « lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (**Luquet, 1987**).

## 2- Constituants du lait :

Selon **Jeantet et al. (2017)**, les composants du lait se répartissent dans trois phases :

- Une phase lipidique sous forme de globules gras émulsionnés dans la phase écrémée du lait.
- Une solution vraie (lactose, sels minéraux, azote non protéique).
- Une dispersion de colloïdes de nature protéique (micelles de caséines, protéines solubles).

De très nombreux facteurs peuvent intervenir sur la composition du lait : l'espèce, la race, le stade de lactation, la saison, l'état sanitaire, l'alimentation, etc.

Le tableau I illustre la composition moyenne des laits des différentes espèces animales.

## Chapitre I Le lait

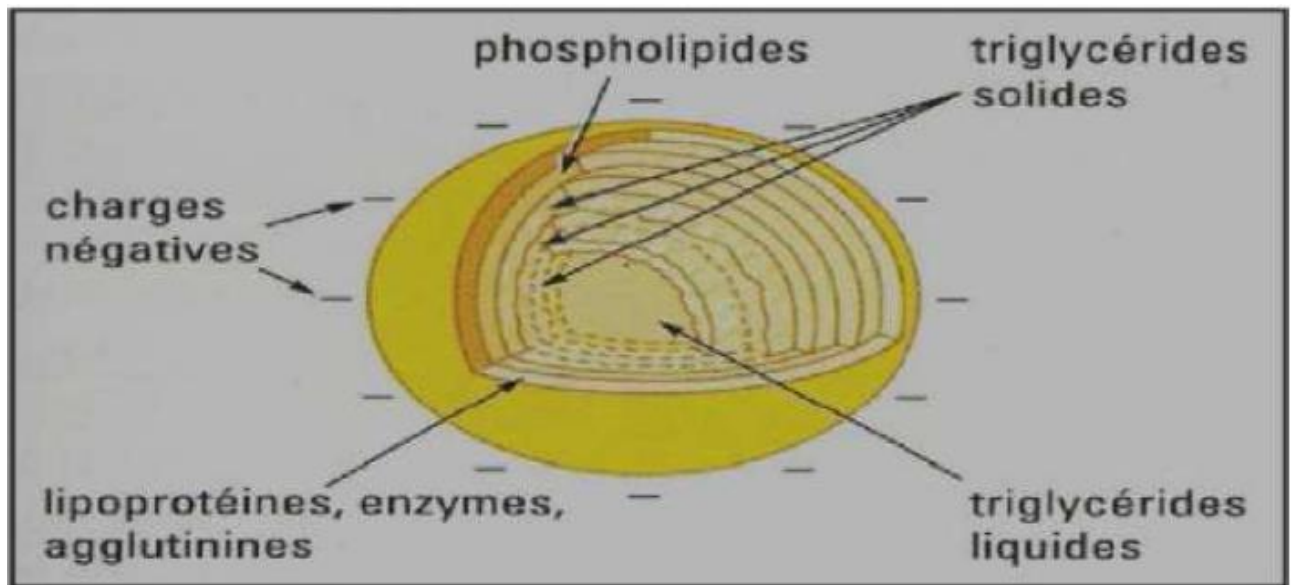
**Tableau I.** Composition moyenne des laits des différentes espèces animales (%) (Alais, 1984).

Composants Espèces	Matière sèche	Matière grasse	Protéines	Caséine	Lactose	Cendres
Lait humains	12, 6	3, 75	1,6	28	7	0, 21
Vache	12, 5	4, 1	3, 6	78	5	0, 71
Chèvre	13	4, 2	3, 5	75	4,3	0, 86
Brebis	19, 3	7, 9	5, 2	77	4, 8	0, 9
Jument	11	1, 6	2, 7	50	6, 1	0, 51

### 2-1- Lipides :

La composition lipidique du lait de vache (figure 1) est présentée par, les triglycérides (esters d'acides gras et d'alcools) représentent plus de 97% des lipides ; les diglycérides, les phospholipides constituent la majeure partie des 3% restants. De nombreux composés mineurs dont les rôles nutritionnels et organoleptiques peuvent être très importants : des stérols dont le composant majeur est le cholestérol, des substrats d'arômes qui peuvent être d'origine alimentaire, ou encore être produits par biosynthèse lors de la dégradation des lipides (Jeantet et al., 2017).

## Chapitre I Le lait



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

Le tableau II, représente la composition lipidique du lait de vache.

**Tableau II.** Composition lipidique globale du lait de vache (Jeantet et al., 2017).

Composant	Masse (%)
Triglycérides	97 - 98
Diglycérides	0,25 - 0,48
Monoglycérides	0,016 - 0,038
Acides gras libres	0,1 - 0,44
Stérols	0,22 - 0,41
Phospholipides	0,2 - 1



# Chapitre I Le lait

---

## 2-2- Eau :

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 est ce qui 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 de sérum. L'établissement d'un comparatif entre le lait de chèvre et de vache montre peu de différence. Ces laits se caractérisent respectivement par 87, 5, 87, 7g d'eau pour 100g de lait analysé (Amiot et al., 2002).

## 2-3- Enzymes :

Les enzymes sont des substances organiques de nature protéique, produites par des cellules ou des organismes vivants, ils jouent le rôle de 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 (Pougheon, 2001).

Parmi celles qui présentent un intérêt particulier (Jeantet et al., 2017) :

- La lactoperoxydase, qui exerce une activité inhibitrice sur la croissance de la flore bactérienne des laits crus et dont la thermorésistante permet de reconnaître le degré de chauffage des laits pasteurisés.
- La catalase, dont le taux lié au nombre de leucocytes permet de reconnaître les laits de mammite ou la présence de colostrum.
- La phosphatase alcaline, dont l'inactivation thermique est l'indice d'un traitement de pasteurisation efficace.
- La lipase ou la lipoprotéine lipase (LPL), qui par son action sur les triglycérides, est à l'origine du développement de saveur rance.
- La protéase alcaline ou plasmine, d'origine sanguine, responsable de la dégradation des caséines  $\beta$  en caséine  $\gamma$  et protéoses peptones 5 et 8, et des caséines  $\alpha S_1$ .

# Chapitre I Le lait

---

## 2-4- Lactose :

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, le constituant le plus abondant après l'eau. C'est un disaccharide, sa molécule 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. 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 (**Mathieu, 1998**).

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**).

## 2-5- 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. Les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C uniquement dans le lait de chamelle) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K). Un litre de lait couvre pratiquement la totalité des besoins journaliers d'un être humain en 5 vitamines (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub> et acide folique). Les principales vitamines présentes dans le lait de vache sont représentées dans le tableau III.

Les vitamines hydrosolubles du groupe B sont à des taux faiblement dépendants des influences extérieures et ont pour principale origine la biosynthèse par les microorganismes du rumen.

Les vitamines liposolubles sont présentes en proportions variables du fait des influences de l'alimentation et de l'ensoleillement (**Jeantet et al., 2017**).

## Chapitre I Le lait

Tableau III. Les vitamines du lait de vache (Mathieu, 1998).

Teneur/ besoins Vitamines	Teneur dans le lait (mg/L)	Besoins journaliers (mg)
<b>Vitamines hydrosolubles</b>		
<b>B<sub>1</sub></b>	0,3 - 0,7	1 - 2
<b>B<sub>2</sub></b>	1,2 - 2	1,2 - 2,8
<b>B<sub>5</sub></b>	2,8 - 4	8 - 12
<b>C</b>	20 - 22	70 - 100
<b>Vitamines liposolubles</b>		
<b>A</b>	0,3 - 0,6	1 - 1,8
<b>D</b>	0,5 - 1	5 - 35
<b>E</b>	0,8 - 1,5	10 - 25
<b>K</b>	0,1	

### 2-6- Minéraux :

Selon **Gaucheron (2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux qui jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine, ils sont souvent impliqués dans le mécanisme physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire ...).

Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate et qui ont une influence prépondérante lors des phénomènes de coagulation (fermeté et contraction du caillé), chlorure et citrate pour les anions. Le lait et les produits laitiers sont les principales sources alimentaires de calcium et phosphore, ils couvrent

# Chapitre I Le lait

---

plus de la moitié de nos besoins journaliers. Ce sont les éléments plastiques intéressants dans l'ossification. Et leur apport est crucial pour les sujets jeunes et âgés (**Brule, 1987**).

- Na, K, Cl sont à l'état ionisé.
- Phosphate et citrate sont sous des formes ionisées ou de complexes avec le calcium et le magnésium.

## 2-7- Protéines :

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers. Elles sont classées en deux catégories, d'après leur solubilité dans l'eau :

- Les caséines : ( $\alpha$ -S1B  $\alpha$ -S2A,  $\beta$ -A2,  $\kappa$ ) qui sont en suspension colloïdale, qui se regroupent sous forme de micelles.
- Les protéines de sérum (bêta-lactoglobuline, alpha-lactalbumine...) qui se retrouvent sous forme d'une solution colloïdale et qui précipitent sous l'action de la chaleur (**Amiot et al., 2002**).

### 2-7-1 Caséines :

La caséine est un polypeptide complexe, qui résulte 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 g/mol, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 $\mu$ m. La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2, 2%, acide citrique 0, 5% et magnésium 0.1% (**Adrian et al., 2004**).

### 2-7-2 Protéines du lactosérum :

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% de matières azotées, (**Thapon, 2005**) définit les protéines du lactosérum comme 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. Il existe 03 types de protéines du lactosérum ( $\alpha$ -lactalbumine,  $\beta$ -lactoglobuline, Sérum-albumine).

# Chapitre I Le lait

---

## 3- Caractères physico-chimique :

Selon **Jeantet et al (2017)**, les caractères physico-chimiques du lait se présentent comme suit :

### 3-1- Masse volumique à 20°C :

- Lait entier  $\rho = 1028 \text{ à } 1034 \text{ kg/m}^3$ .
- Lait écrémé  $\rho = 1035 \text{ à } 1036 \text{ kg/m}^3$ .
- Matière grasse  $\rho = 940 \text{ kg/m}^3$ .

### 3-2- Viscosité à 20° C :

Le lait peut être considéré comme un liquide newtonien.

- Lait entier  $\eta = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Lait écrémé  $\eta = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Eau  $\eta = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

### 3-3- Point de congélation :

Le lait congèle à  $-0,555^\circ\text{C}$ . C'est la caractéristique la plus constante du lait car elle est directement liée à sa pression osmotique. Sa mesure est utilisée pour déceler le mouillage. Si le point de congélation est supérieur à  $-0,53^\circ\text{C}$ , on suspectera une addition d'eau.

### 3-4- pH et acidité :

Un lait normal a un pH compris entre 6,6 et 6,8. Un lait à pH plus bas résulte soit d'une contamination par une flore acidifiante soit de la présence de colostrum. Un lait alcalin est un lait pathologique (lait de mammite).

L'acidité titrable exprimée en degré Dornic ( $^\circ\text{D}$ ) (nombre de cl de soude N/9 par litre de lait) est de l'ordre de 15 à 18 $^\circ\text{D}$ .

Cette acidité est attribuée :

- Aux protéines (groupements esters phosphoriques des caséines, chaîne latérale de l'histidine, groupement N-terminal).
- À certains éléments solubles (phosphate- contribution la plus importante-, carbonate).

pH et acidité ne sont pas directement liés dans le lait. L'acidité titrable à un pH donné dépend des teneurs en protéines et en sels du lait.

# Chapitre I Le lait

---

## 3-5- Etat de l'eau :

Le lait contient en moyenne 875 g/L d'eau, sous deux états :

- L'eau extra-micellaire : cette fraction qui représente environ 90% de l'eau contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux et de l'azote solubles, etc. Une petite partie de cette eau est liée aux éléments hydrophiles dont les protéines solubles.
- L'eau intra-micellaire : elle représente environ 10% de l'eau totale, une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés solvantes. Les transferts de cette dernière dans les opérations de déshydratation et d'hydratation seraient beaucoup plus lents que l'eau extra-micellaire.

## 3-6- Point d'ébullition :

D'après **Amiot et al. (2002)**, on définit 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.

# **Chapitre II**

## **Le fromage**

### 1- Lait fermenté :

Le **codex standard (243-2003)**, définit le lait fermenté comme un produit laitier obtenu par la fermentation du lait, lequel peut avoir été fabriqué à base de produits obtenus à partir de lait avec ou sans modification de composition, par l'action de micro-organismes appropriés et résultant dans la réduction du pH avec ou sans coagulation (précipitation isoélectrique). Ces levains (micro-organismes) doivent être viables, actifs et abondants dans le produit à la date de durabilité minimale. Si le produit subit un traitement thermique après la fermentation, l'exigence portant sur la viabilité des micro-organismes ne s'applique plus.

### 2- Définition du fromage :

Selon le **Codex Standard (283-1978)**, le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu :

(a) par coagulation complète ou partielle des protéines du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum ou du babeurre, seuls ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, tout en respectant le principe selon lequel la fabrication du fromage entraîne la concentration des protéines du lait (notamment de la caséine), la teneur en protéines du fromage étant par conséquent nettement plus élevée que la teneur en protéines du mélange des matières premières ci-dessus qui a servi à la fabrication du fromage.

(b) par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation des protéines du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini à l'alinéa (a).

La figure 2 représente les bases de la fromagerie.



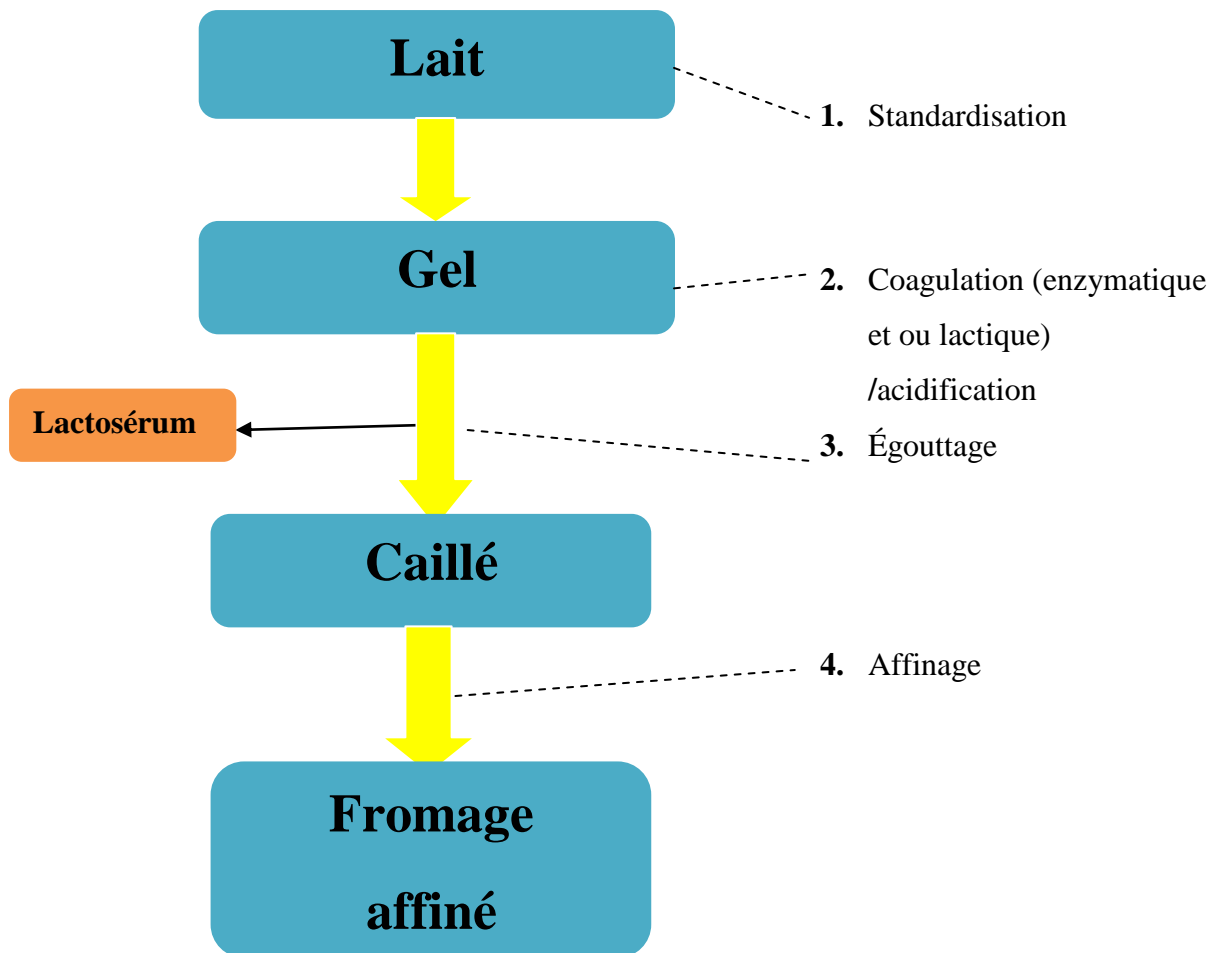


Figure 2 : Bases de la fromagerie (Jeantet et al., 2017).

### 3- Types de fromages :

En fabrication fromagère, il existe 7 grandes catégories de technologie (Jeantet et al., 2017) :

- Les fromages frais ou pâtes fraîches.
- Les pâtes molles à croûtes fleurie et à croûte lavée.
- Les pâtes persillées.
- Les pâtes pressées non cuites et cuites.
- Les pâtes dures.
- Les pâtes filées.
- Les fromages fondus.

Dans notre projet nous allons nous intéresser aux fromages les plus fabriqués en Algérie :

### 3-1- Fromage frais :

Les fromages frais résultent d'une coagulation lente du lait par acidification avec ou sans l'action combinée d'une faible quantité de présure. Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. L'égouttage est une prolongation du contact de l'acide lactique et des micelles de caséines d'une façon statique sans traitement physique (**Schaw, 1986**).

Selon le type d'égouttage effectué, deux catégories se distinguent : le fromage égoutté en moule et le fromage égoutté en vrac sous forme de pâte et où l'égouttage passe avant le moulage, **Schaw (1986)** les caractérise tous par :

- Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau.
- Une faible sensation acide se traduisant par une flaveur douce.
- Une durée de conservation courte.
- Un produit à consommer sans période de maturation.

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes étant donné leur teneur en protéines et en calcium.

### 3-2- Fromage fondu :

Le fromage fondu était à l'origine une forme de recyclage du gruyère défectueux puis d'autres fromages. Il résulte d'un mélange de fromages avec addition de sels minéraux ou organiques autorisés, appelés sels de fonte, qui agissent comme émulsifiants et chélatants et sont autorisés à 3% dans le produit fini. Ces sels sont utilisés dans le procédé de fonte, permettant le passage à un état homogène où la masse de fromage peut être pasteurisée et coulée dans l'emballage à chaud. Afin d'atteindre des températures de 90-95°C voir 120-125°C pour la stérilisation, la cuisson et le brassage s'effectuent dans des pétrins à double paroi (**Beerens et Luquet, 1987**).

En ce qui concerne le développement du fromage fondu, les Américains, en 1917, utilisèrent le cheddar étant facile à fondre, le fromage fondu a connu depuis un succès commercial important et durable en Amérique du nord (**Eck et Gillis, 1986**).

La longue durée de conservation permet l'exportation de ce type de fromages dans les pays chauds (**Mahaut et al., 2000**).

### 3-3- Fromage à pâte molle :

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentarius (Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001) comme étant tous les fromages dont la teneur en eau après élimination des matières grasses est supérieure à 67 %, ils sont des fromages affinés et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée, fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis. Ces fromages ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte.

La grande gamme des pâtes molles s'explique par les grandes diversités des conduites d'affinage. Les caillés obtenus sont mites à caractères lactiques ou à caractère présure. La recherche d'une synchronisation entre l'acidification et l'égouttage permet l'obtention d'un caillé caractéristique d'un fromage défini par son extrait sec, son pH et son degré de minéralisation (**Lenoir et al., 1985**).

Vers la fin, tous les fromages à pâte molle subissent un affinage grâce à une microflore adaptée, ferments lactiques, *Geotrichum candidum* et *Penicillium candidum*. La flaveur de la croûte fleurie s'obtient par catabolisme de la méthionine par *Brevibacterium linens* ou *Geotrichum candidum* tandis que la croûte lavée, une flore de surface la caractérise telles que les bactéries corynéformes et les microcoques responsable de la dégradation des acides aminés en acides gras volatils (**Mahaut et al., 2000**).

### 4- Constituants des fromages :

#### 4-1- Protéines :

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante (entre 20 et 30% selon les fromages) se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes différentes selon la microflore (**Eck et Gillis, 1986**).

#### 4-2- Valeur énergétique :

La valeur énergétique des différents fromages varie de 200 à 1750 KJ pour 100g de fromage. L'essentiel provient des lipides : un emmental à 45% de MG contient 30g de lipides qui apportent 1130 KJ, les protéines et les glucides (résiduels) ne représentant que 500 KJ (**Jeantet et al., 2017**).

### 4-3- Calcium :

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication.

Tout comme le calcium du lait, le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain en raison des proportions respectives de calcium et du phosphore qu'ils apportent et de la présence concomitante de protéines qui favorisent l'absorption intestinale (**Eck et Gillis, 1986**).

Le même auteur a proposé une classification approximative des fromages en fonction de leur teneur en calcium en mg pour 100 g :

- Fromages fondus 500 à 700mg.
- Fromages frais 60 à 100mg.
- Fromages à pâtes molles 200 à 500mg.

On note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressée, par contre, parmi les fromages à pâte molle, on constate une grande variabilité, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700 mg par 100g (**Eck et Gillis, 1986**).

### 4-4- Vitamines :

Selon **Jeantet et al. (2017)**, les vitamines sont en quantité variable :

- Les vitamines liposolubles (essentiellement A et D) et accessoirement vitamine E sont apportées par les lipides.
- Les vitamines hydrosolubles (B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, acide pantothénique) sont synthétisées par les microflores bactérienne et fongique.

La teneur en vitamines liposolubles, est en fonction de la richesse du produit en lipides, laquelle peut varier de 0% dans certains fromages frais à 70% dans les produits enrichis en crème. Quant à la teneur en vitamines hydrosolubles, celle-ci varie considérablement selon les fromages. En effet, elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte qui survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient en cours d'affinage. C'est ainsi que les vitamines du groupe B sont en grande partie éliminées avec le lactosérum au cours de l'égouttage (25% seulement étant retenu dans le caillé) et que la vitamine C est intégralement éliminée (**Eck et Gillis, 1986**).

### 4-5- Lipides :

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles (**Eck et Gillis, 1986**).

### 4-6- Sodium :

Les fromages ont subi l'adjonction de chlorure de sodium et/ou autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a concouru au fort apport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier les troubles cardiovasculaires (**Luquet, 1990**).

Le tableau IV illustre la valeur nutritionnelle moyenne des différents types de fromages

**Tableau IV.** Valeur nutritionnelle des principaux fromages pour 100 g (**Paccalin et Galantier, 1986**).

Fromages Constituants	Fromage frais	Fromage fondu	Fromage à pâte Molle
<b>Protéines</b> (%)	10	18	20
<b>Lipides</b> (%)	0 à 9	22 à 24	20 à 28
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (mg/100g)	100 à 160	550 à 680	150 à 380
<b>Valeur énergétique</b> (KJ/100g)	200 à 650	1350 à 1650	1100 à 1500
<b>Vitamine A</b> (U.I)	170	—	1010
<b>Eau</b> (g)	79	48	50
<b>Sodium</b> (mg)	40	1650	700

## 5- Fromage dans le monde :

### 5-1- Production mondiale de fromages :

Plus de 20 millions de tonnes de fromages sont produits chaque année, soit près de 655 kilos par seconde. La production fromagère augmente de 2% par an. Les États-Unis est le 1er pays producteur dans le monde. Néanmoins, Ce pays est très marginal dans les exportations mondiales de fromage (ELEC, 2015). Les principaux producteurs de fromage sont représenté dans le tableau suivant :

**Tableau V.** Principaux producteurs de fromage en 2013 (tonnes) (ELEC, 2015).

Pays	Production (tonnes)
États-Unis	5055
Allemagne	2268
France	1776
Italie	1061
Brésil	722

De ce fait, les Etats-Unis ne figurent pas sur le tableau VI qui résume les principaux exportateurs du fromage dans le monde où l'essentiel de leur production étant destiné au marché intérieur.

**Tableau VI.** Principaux exportateurs de fromage en 2013 (ELEC, 2015).

Pays	Exportation (tonnes)
Allemagne	1157
France	672
Pays-Bas	581
Italie	331
Danemark	313
Irlande	188
Belgique	181

Les principaux pays producteurs sont : les Etats-Unis, l'Allemagne, l'Italie et la France. Le fromage est le produit laitier le plus répandu dans la sphère de la transformation du lait cru. En effet, la production fromagère consomme environ 40 % des laits produits dans le monde. Parmi les dix premiers exportateurs, seuls l'Irlande, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas et l'Australie ont une production de fromage principalement orientée vers l'exportation : respectivement 95 %, 90 %, 72 % et 65 % de leur production fromagère est exportée. Seulement 30 % de la production française est exportée. En 2003, la production mondiale de fromages avait atteint 17,5 millions de tonnes fabriqués à partir d'environ 190 millions de tonnes de lait. La consommation de fromages, y compris les fromages frais, est en moyenne de 17 kg/hab/an. Le fromage est très peu consommé en Asie et en Afrique. Dans le monde, la consommation atteint 25,9 kilos par habitant et par an en France, suivie de l'Italie avec 20,6 kilos et de la Suède avec 16,6 kilos (ELEC, 2015).

### 5-2- Généralités sur l'industrie laitière algérienne :

Le développement du secteur agricole et agroalimentaire constitue un enjeu majeur pour L'Algérie sur le plan économique, politique et social. Le chiffre d'affaires réalisé par l'industrie agroalimentaire représente 40% du total du chiffre d'affaires des industries algériennes hors hydrocarbures (Kaci et Sassi, 2007).

La consommation des produits laitiers a connu une croissance continue; l'Algérie étant le premier consommateur de lait au sein du grand Maghreb, cette filière est menacée par la conjoncture actuelle : les entreprises évoluent de plus en plus dans des environnements où les avancées technologiques et l'innovation sont des facteurs essentiels pour faire face à la concurrence (Amellal, 1995).

En Algérie, le produit fabriqué est, en majeure partie, un lait reconstitué en usine. Il peut être entier (28g/L de matière grasse), partiellement-écrémé (15 à 20g/L de matière grasse) ou écrémé (0g/L de matière grasse). Ce lait est ensuite conditionné en sachet polypropylène, en bouteille et tétra-pack. Les fabricants de lait offrent essentiellement du lait pasteurisé conditionné en sachet. Certains fabricants ont innové par :

- le conditionnement de lait entier,
- la production du lait UHT.

Le second stade du processus de fabrication consiste à la transformation du lait en produits laitiers. L'industrie de transformation demeure fortement dépendante des importations. Ce constat est corroboré par l'analyse de la structure des approvisionnements des entreprises. Les inputs en provenance du marché local concernent essentiellement, le lait

cru local, le sucre et les emballages. Quelques grandes firmes dominent le marché, notamment Danone et Soummam qui totalisent à toutes deux plus de 50% des parts du marché national (Kaci et Sassi, 2007).

Selon les enquêtes de consommation de l'ONS, la consommation moyenne a fortement augmenté, enregistrant une croissance de 35% durant la période 1980 – 2000.

Ainsi, entre 1982 et 1992, l'Algérie a importé en moyenne et par an 369 millions de dollars US en laits et produits laitiers. La facture laitière au cours de cette période a coûté un peu plus de 4 milliards de dollars, l'Algérie se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation de laits et produits laitiers, après l'Italie et le Mexique (Amellal, 1995).

### 5-3- Consommation Algérienne de fromage :

Les habitudes alimentaires des Algériens évoluent à mesure que l'offre de produits alimentaires disponibles se diversifie. Un des secteurs en plus forte croissance est celui des produits laitiers, notamment des fromages. A tel point que l'Algérie est devenue un des marchés préféré pour les exportateurs de fromage. Au fil des années, la consommation fromagère augmente. Les algériens consomment surtout du fromage fondu (20 000 tonnes par an). Le fromage fondu est le fromage le moins cher en Algérie, il est le principal fromage produit dans le pays et il est largement consommé. Le fromage fondu représente l'essentiel des ventes du fromage (74% de la valeur des ventes), il enregistre l'augmentation la plus importante en 2014, 10% et 16% en terme de volume et de valeur des ventes respectivement (M.I.A.A, 2015).

## 6- Enquête sur la préférence des clients :

### 6-1- Objectif de l'enquête :

L'enquête a pour but de déterminer les préférences des clients sur la consommation des fromages dans différentes régions de l'Algérie.

### 6-2- Population ciblée :

Cette enquête a été réalisée sur différentes wilayas de l'Algérie, en milieux ruraux et urbains. La population ciblée se compose d'hommes et de femmes, pour chaque catégorie nous avons retenu les quatre tranches d'âge : les enfants, les adolescents, les adultes et les personnes âgées. Nous avons



Figure 03 : Les différentes wilayas où l'enquête a été réalisée.



choisi des supermarchés, superettes, alimentations générales, les restaurants des zones rurales du nord de l'Algérie et même les zones industrielles laitières (Ramdy, Soummam et la vallée) car elles sont proches aux clients et afin d'accueillir le maximum d'informations sur les préférences des clients pour leurs consommations de fromage (frais, camembert et fondu).

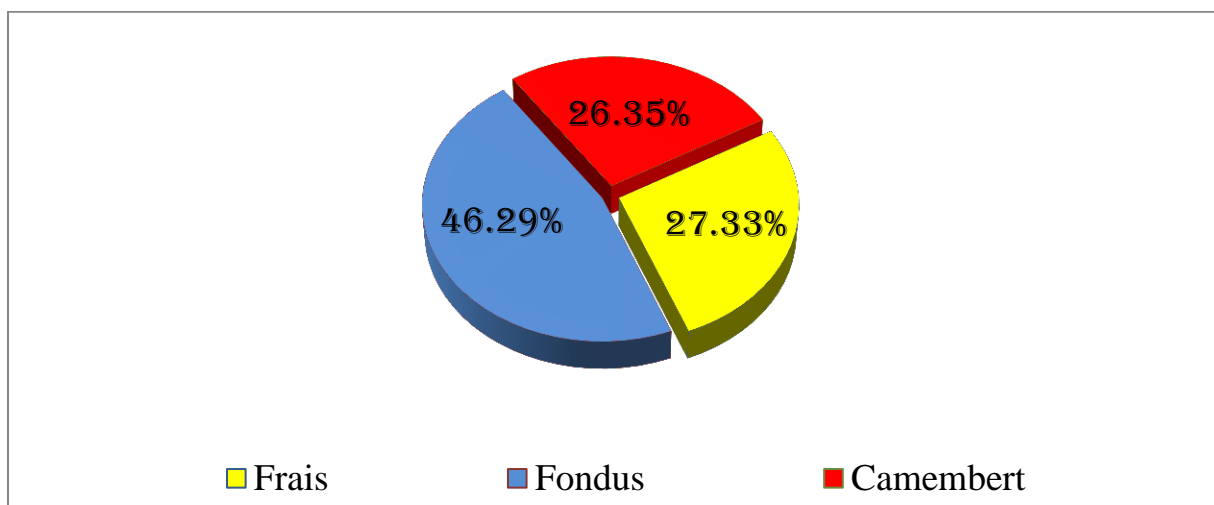
### 6-3- Déroulement de l'enquête :

La réalisation de l'enquête au niveau des wilayas et régions précitées a été faite le 20/07/2020 jusqu'au 06/09/2020, elle a été réalisée en se basant sur un questionnaire planifié préalablement préparé. Le questionnaire était oral pour faciliter le dialogue avec les personnes ciblées. Le questionnaire utilisé dans notre enquête comporte des questions relatives à la connaissance du produit, sa disponibilité, sa consommation et la préférence des clients parmi les trois types de fromage que nous avons déjà cités.

### 6-4- Résultats de l'enquête :

A partir de l'enquête sur le terrain réalisée dans les différentes régions de l'Algérie. Nous avons pris une idée générale sur la préférence des clients sur ce qui concerne la consommation des fromages. Le **tableau II (en annexes)** représente la moyenne des préférences des clients pour chaque type de fromage (%). Les résultats de l'enquête montrent d'une manière générale que les Algériens préfèrent le fromage fondu qui est le plus consommé et le plus utilisé, alors que le fromage frais est classé en deuxième et le camembert occupe que la troisième position ; le choix du client reste toujours relié à des raisons bien précises telles que : la disponibilité, la période (par exemple le mois de Ramadan), leurs utilisations dans les plats cuisiniers, le prix, le goût et parfois la qualité.

Les résultats de l'enquête sont résumés dans la figure 4.



**Figure 4 :** Diagramme en secteurs représentant les préférences des clients algériens pour les trois types de fromage (%).

**Tableau VII.** La moyenne des préférences des clients pour chaque type de fromage en % par wilaya.

Les wilayas	Les régions ciblée	La moyenne en %
<b>Bejaia</b>	Tazmalt, Akbou mall, Riki, Beni Mansour, Taharachet, Gendouza, Igedaren, Arafou, Sidi Ali, La ville, Hafsa, Achikhoun, Stade, La Gare, Les urgences, Biziou, Akhenak, Amalou centre, Timasririn, Boushal, Thadarth Ouada, Beni jamhour, Akourma, Tizi Oukdam, Taorirte, Ighilental, Ighileiharkane, Thouddart, Bouhamza, Seddouk centre, Cité Bercani, Meloui, Cité d'urgence, Takrit, Ighzer-Amoukran, El-Kseur, Berchiche, Targa-Ouzemour, Beni maouche.	Frais : 22, 56 % Fondu : 47, 09 % Camembert : 30, 34%
<b>Tizi-Ouzou</b>	Azazga, Friha, Iaazougen, la nouvelle ville, la zone sud.	Frais : 26, 94 % Fondu : 38, 5 % Camembert : 34, 7 %
<b>Tissemsilt</b>	Khmist, Laayoun, Thnaytlhad, Wlad Laanssen.	Frais : 30, 95 % Fondu : 46, 82 % Camembert : 22, 22%
<b>Djelfa</b>	Hasiafdoul.	Frais : 25, 92 % Fondu : 59, 25 % Camembert : 14, 81%
<b>Mostaganem</b>	Wladalkhir, Ain Tablest.	Frais : 24, 95 % Fondu : 40, 99 % Camembert : 34, 05%
<b>Tiaret</b>	Hamadia, Rechaga, Mahdia, Kesser Chelala.	Frais : 25 % Fondu : 50, 89 % Camembert : 24, 1 %
<b>Alger</b>	Mouradia, Hidra, Bermouradrayess, Hamadi, Labeyar (Affricana), Ain Ibnyan, Lamazard, Dwira, Kalitous, Babzaouar, Chemenav, Bablwad, Chouvali, Dar lbiyda, les villée, la grand post.	Frais : 35, 04 % Fondu : 40, 68 % Camembert : 24, 27%

**Chapitre III**  
**Technologie Fromagère**

### 1- Standardisation physicochimique et biologique des laits :

La qualité du lait de fromagerie peut être définie par son aptitude à donner un coagulum permettant d'aboutir dans des conditions normales de travail à un fromage aux caractéristiques physicochimiques définies et avec un rendement satisfaisant (**Jeantet et al., 2017**).

Outre sa complexité et son hétérogénéité, le lait présente une grande variabilité de composition. Tous les laits n'ont pas la même aptitude à la transformation fromagère, car ils présentent un certain nombre de caractéristiques différentes telles que : richesse et composition en caséines, équilibres salins, teneur en lactose, pH, ... etc. Ces caractéristiques conditionnent leur aptitude à la déstabilisation, nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état solide, ainsi que les propriétés du coagulum (**Jeantet et al., 2017**).

En fromagerie, différentes formes de lait peuvent être utilisées : Le lait frais qui est utilisé comme tel ou après pasteurisation, et les poudres de lait qui sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait et sont divisées en trois groupes (poudre de lait entière, poudre de lait partiellement écrémé et poudre de lait écrémé) (**Claude et al., 2002**).

Afin de s'affranchir des variations de la teneur en protéines des laits et d'améliorer l'aptitude à la coagulation qui a une influence sur le rendement fromager et la qualité des fromages, les industriels ont la possibilité de régler le taux protéique des laits classiquement entre 35 et 42g /L à l'aide de différentes techniques : élimination de l'eau par évaporation ou osmose inverse, concentration par nanofiltration, ultrafiltration ou microfiltration, ou encore par ajout de caséinates. Pour respecter les temps technologiques et le degré de minéralisation du caillé selon les types de fromage recherché, les industriels ajustent le pH, soit par maturation biologique, injection de CO<sub>2</sub>, ou encore par apport des protéines sériques acides. La standardisation biologique par traitement thermique, bactofugation ou microfiltration, suivie de l'addition d'une flore contrôlée permet de s'affranchir de la flore originelle des laits réfrigérés pouvant présenter une flore indésirable (psychrotrophes, germes pathogènes), une prématuration à basse température (10-12°C), bien que moins pratique aujourd'hui, permet d'améliorer le déroulement de la fermentation lactique en favorisant la production de facteurs de croissance. La maîtrise des ferments est essentielle, tant pour son incidence sur la qualité des fromages que pour l'impact sur les coûts de fabrication (1 à 2% des coûts totaux dans la fromagerie) (**Jeantet et al., 2017**).

### 2- Coagulation :

Selon **Eck et Gillis (1986)**, 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 sont totalement différents suivant les modifications qui sont induites par acidification ou par action des enzymes coagulantes.

Il existe trois types de coagulation :

#### 2-1- Coagulation acide :

L'acidification brutale, par addition d'un acide minéral ou organique entraîne une floculation des caséines à pH 4, 6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granuleux qui se sépare du lactosérum. En revanche, une acidification progressive, obtenue soit par fermentation lactique, soit par hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un coagulum lisse, homogène, qui occupe entièrement le volume initial du lait. L'abaissement du pH a pour effet de faire régresser l'ionisation des fonctions acides des caséines, cette régression d'ionisation provoque une réduction du potentiel de surface et a pour conséquence de diminuer le pouvoir séquestrant des caséines  $\alpha_s$  et  $\beta$  et d'augmenter la solubilité des sels calciques dans l'eau. Il en résulte un déplacement progressif du calcium et du phosphate inorganique de la micelle vers la phase aqueuse, donc une déminéralisation de la micelle qui devient totale à un pH inférieur à 5. Étant donné le rôle prépondérant du calcium et du phosphate dans la structure des micelles, le départ de ces constituants minéraux s'accompagne d'une désagrégation de celles-ci en leurs sous-unités micellaires (**Eck et Gillis, 1986**).

Il se produit donc, au cours de l'acidification, une profonde désorganisation de la micelle accompagnée d'une modification de la structure quaternaire des caséines. À l'approche du pH isoélectrique, il y a neutralisation de la charge et réduction importante de l'hydratation des protéines, ce qui entraîne leur insolubilisation (**Eck et Gillis, 1986**).

#### 2-2- Coagulation par voie enzymatique :

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (la présure, mélange de chymosine et de pepsine secrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait, est l'enzyme coagulante la mieux connue (**Eck et Gillis, 1986**)).

Selon **Jeantet et al (2017)**, il existe trois phases :

- Phase primaire ou enzymatique, correspondant à l'hydrolyse de la caséine K au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106) par la chymosine. Il

y'a libération du caséino-macropéptide hydrophile (CMP, fragment 106-169), composé de 7 fractions qui se distinguent entre-elles par leurs taux de glycosylation et joue un rôle dans la stabilité de la micelle.

- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées, qui à pH 6.6, commence lorsque 80-90% de la caséine K est hydrolysée. La libération du CMP dans le lactosérum entraîne la diminution du degré d'hydratation et du potentiel de surface de la micelle. Des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent alors entre les micelles modifiées, conduisant à la formation du gel.
- Phase tertiaire ou phase de réticulation, conduisant à la formation du gel par réorganisation profonde des micelles agrégées (mise en place de liaisons phosphocalciques et peut être des ponts disulfures entre les paracaséines).

Plusieurs facteurs influents sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséines, la dimension des micelles, les traitements thermiques et l'homogénéisation. Le réseau formé à pH 6,4 - 6,6 est fortement minéralisé compte tenu des interactions entre le calcium et les caséines : ce type de coagulum a tendance à se rétracter, ce qui se manifeste par une expulsion du sérum (**Jeantet et al., 2017**).

### **2-3- Coagulation mixte :**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (**Jeantet et al., 2017**).

### **3- Égouttage :**

Selon **Eck et Gillis (1986)**, l'égouttage est la séparation du lactosérum, après rupture mécanique du coagulum, par moulage et dans certains cas, pression qui conduit à l'obtention du caillé.

En pratique, l'égouttage comprend deux périodes. La première est l'égouttage proprement dit ou égouttage principal, au cours duquel la majeure partie du lactosérum est éliminée, il se situe entre la fin de la coagulation et le démoulage inclus. La seconde est l'égouttage complémentaire allant du démoulage à l'entrée en affinage, pour l'essentiel il est habituellement dû au salage et secondairement au ressuyage. Ce dernier ne doit pas être confondu avec l'évaporation d'eau avec laquelle il peut se superposer. L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum expulsée en fonction du temps. Le rôle de l'égouttage ne se limite pas à amener le coagulum à une teneur définie en

eau de telle sorte que le fromage réponde à des caractéristiques technologiques, réglementaires et commerciales précises. Il permet aussi de régler la "minéralisation" du caillé et son "dé lactosage". La déminéralisation consiste en la solubilisation progressive, avec migration dans le lactosérum du calcium associé à la caséine dans l'état colloïdal. Elle se fait sous l'action de l'acide lactique produit par la fermentation du lactose. La quantité de calcium restant lié à la caséine détermine une grande partie des propriétés physique du caillé et exerce un rôle notable dans l'affinage de certains fromages (**Eck et Gillis, 1986**).

Les mécanismes fondamentaux de l'égouttage sont différents selon que le coagulum est obtenu par voie enzymatique ou par voie fermentaire :

### **3-1- Coagulum obtenu par action enzymatique :**

La première étape de la déshydratation de la caséine débute sous l'action de la protéase coagulante par libération de composés hydrophiles. Mais l'eau qui entoure les micelles et les agrégats de micelles empêchent leur réunion et, de ce fait, s'oppose à la synérèse par l'établissement de liaisons secondaires. Dans les étapes suivantes, la réduction progressive de l'eau d'hydratation permet l'établissement de liaisons de types variés entre les agrégats de micelles. Ces liaisons devenant de plus en plus fortes et nombreuses provoquent la contraction du coagulum et l'expulsion du lactosérum qui devient alors visible. Les premières sont des liaisons hydrogène, plus tardivement, lorsque la synérèse est suffisamment avancée des ponts disulfures s'établissent entre les molécules protéiques. Leur nature covalente permet des liaisons fortes. Tous les acides aminés soufrés restés dans la paracaséine peuvent former des ponts disulfures dont l'établissement constitue l'étape finale de la synérèse. Ainsi, la synérèse des coagulums d'origine enzymatique peut être considérée comme le résultat d'une interaction continue protéine-protéine due à la constitution de liaisons de divers types devenues possibles après la réduction de l'eau d'hydratation entourant les micelles. Malgré les forces de contraction, l'expulsion du lactosérum est faible et lente car celui-ci traverse difficilement la masse de coagulum qui reste minéralisé, est peu perméable (**Eck et Gillis, 1986**).

### **3-2- Coagulum obtenu par voie acide :**

Lorsque le coagulum est obtenu exclusivement par voie acide, la structure micellaire est détruite. Il est alors constitué par des petites particules de caséines dispersées et déminéralisées. Il n'a pas de propriété de synérèse car, en l'absence de calcium, il ne peut se former que des liaisons faibles incapables d'assurer la contraction du coagulum. De plus, l'absence de protéolyse enzymatique empêche l'établissement de liaisons nouvelles,

l'égouttage de ce type de coagulum est considéré comme un simple écoulement au travers d'une masse poreuse. La rétention d'eau reste élevée non seulement du fait du manque de forces de contraction mais aussi parce que la caséine, privée de sa charpente de phosphate de calcium, forme une masse plastique qui enferme le lactosérum (**Guerault, 1956**).

### **3-3- Coagulum mixte :**

Pour la plupart des fabrications, la coagulation est obtenue par voie enzymatique et s'accompagne d'une acidification dont l'intensité varie avec le type de fromage désiré. Le rapport entre la quantité d'enzyme et l'acidité confère à chaque coagulum des caractères propres se situant dans un gradient compris entre ceux d'un coagulum obtenu par voie enzymatique et d'un coagulum obtenu par voie acide. L'aptitude intrinsèque d'un coagulum mixte à s'égoutter résulte des forces de contraction qui exercent une pression sur les fractions incluses de lactosérum et de sa perméabilité. Ses forces diminuent avec l'acidification alors que la perméabilité augmente avec celle-ci jusqu'à ce que l'état micellaire soit détruit (**Eck et Gillis, 1986**).

Le tableau VIII donne les principaux caractères technologiques en début d'égouttage des coagulums préparés par différentes voies.



**Tableau VIII.** Caractères des coagulums en début d'égouttage en fonction du type de coagulation (Eck et Gillis, 1986).

<b>Coagulum Caractères</b>	<b>Voie enzymatique</b>	<b>Voie acide</b>	<b>Voie mixte</b>
<b>pH</b>	6, 7 - 6, 5	< 4, 5	C
<b>Structure Micellaire</b>	Modifiée	Détruite	D
<b>Minéralisation ( Ca lié à la caséine)</b>	+	-	D
<b>Fermeté</b>	-	+	C
<b>Friabilité</b>	-	+	C
<b>Elasticité</b>	+	-	D
<b>Perméabilité</b>	-	+	C
<b>Contractibilité</b>	+	-	D
<b>Tension</b>	+	-	D
<b>Aptitude aux traitements mécanique</b>	+	-	D
<b>Aptitude à l'égouttage spontané</b>	-	+	C
<b>Aptitude à l'évaporation</b>	-	+	C
<b>Humidité du caillé égoutté</b>	-	+	C
<b>Cohésion du caillé égoutté</b>	+	-	D

+ : Caractère fort / - : Caractère faible

C : Caractère croissant / D : Caractère décroissant

### 4- Salage :

Selon **Ruegg et Blanc (1981)**, le sel (chlorure de sodium) incorporé dans le fromage a un triple rôle :

- Il complète l'égouttage du fromage en favorisant le drainage de la phase aqueuse libre de la pâte. Il modifie également l'hydratation des protéines et intervient dans la formation de la croûte.
- Il agit soit directement, soit par l'activité d'eau interposée sur le développement des micro-organismes et l'activité des enzymes et de ce fait, agit sur la phase d'affinage dans son ensemble.
- Il apporte son goût caractéristique et la propriété d'exalter ou de masquer la sapidité de certaines substances apparaissant au cours de la maturation du fromage.

De grandes variations dans la teneur en sel des fromages peuvent être enregistrées selon le type de pâte et les impératifs de leur conservation. C'est ainsi que les fromages consommés en l'état présentent pour la plupart des teneurs en sel de l'ordre de 1 à 2%. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure ont des teneurs beaucoup plus élevées 8 à 15%, ils sont cependant consommés après dessalage (**Ruegg et Blanc, 1981**).

La question de la consommation de sel (qu'il conviendrait d'ailleurs de limiter à celle de l'ingestion de sodium) est d'actualité. Dans de nombreux pays, les organismes de santé conseillent de diminuer la teneur en sodium des aliments. Il est évident que, dans certains cas, la teneur en sel des fromages pourrait être réduite ou mieux ajustée. Cependant, le rôle du sel en technologie fromagère est tel que sa suppression totale est difficile à envisager. Par contre la recherche de nouveaux produits à faible teneur en sodium devrait être développée (**Ruegg et Blanc, 1981**).

### 5- Affinage :

L'affinage a pour objectif de créer les qualités sensorielles (texture, saveur et arôme) et fonctionnelles (aptitude au tranchage, au filage, à la cuisson...) spécifiques de chaque type de fromages. C'est une opération complexe de nature physicochimique et biologique (enzymatique et microbienne). Au cours de l'affinage, le caillé sera transformé sous l'action d'enzymes présentes dans le lait, ou ajoutées en cours de fabrication, ou produites au cours de l'affinage par synthèse microbienne. C'est un écosystème complexe et un bioréacteur hétérogène dont les mécanismes ne sont pas toujours bien définis en raison de la nature du substrat, de son hétérogénéité physico-chimique, de la variété des agents responsables de son

évolution, de la diversité des transformations subies par les constituants et du nombre de produits formés. Il est dominé par trois grands phénomènes biochimiques : la fermentation du lactose, l'hydrolyse de la matière grasse et la dégradation des protéines. Outre les caractéristiques du caillé au démoulage (teneur en lipides et protéines, HFD, Ca/ESD, pH, les teneurs en NaCl ont un rôle déterminant dans le déroulement de l'affinage car il conditionne pour une part importante l'activité des enzymes et le développement des flores microbiennes au cœur et en surface des matrices fromagères (Jeantet et al., 2017).

### 5-1- Agents d'affinage :

Au cours de l'affinage, les protéines et lipides sont hydrolysés sous l'action des enzymes présentes dans le caillé au démoulage (enzymes du lait et agent coagulant) et des enzymes d'origine microbienne. Les peptides/acides aminés et les acides gras libérés sont à leur tour dégradés par voie microbienne et conduisent à la formation de molécules volatiles, caractéristiques des fromages. Parallèlement, l'acide lactique et les sucres résiduels (lactose, galactose) sont métabolisés, entraînant une remontée de pH notamment des caillés pâtes molles. Celle-ci a un impact sur l'hydratation des protéines avec un effet sur la texture, sur l'activité des enzymes et sur la croissance de certains microorganismes (Jeantet et al., 2017).

#### 5-1-1- Enzymes naturelles du lait :

Les enzymes naturelles du lait ont un rôle limité par rapport à celles d'origine microbienne mais, dans certains types de pâte, ce rôle est non négligeable, comme pour la plasmine, lipase, la protéase acide, la phosphatase acide . . . etc. (Jeantet et al., 2017).

#### 5-1-2- Présure :

Une faible quantité de l'agent coagulant ajouté au lait de fabrication se retrouve dans le caillé et peut exprimer son activité de protéolyse générale au cours de l'affinage. La quantité retenue dans le fromage est proportionnelle à la quantité de présure mise en oeuvre. La rétention de la présure dans le caillé est d'autant plus importante que le pH d'emprésurage est bas : elle est de 50% pour les pâtes molles, de 10 à 15% pour les pâtes pressées non cuites et nulle pour les pâtes pressées cuites, car elle est détruite pendant la cuisson du grain de caillé (Jeantet et al., 2017).

#### 5-1-3- Agents microbiens des fromages :

La microflore des fromages est composée d'un grand nombre de microorganismes ( $2$  à  $3 \times 10^9$  UFC/g) de différentes origines (lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, levains, etc.) et appartient à des groupes et à des espèces très divers (Jeantet et al., 2017).

Le tableau IX, donne des exemples pour les principaux groupes microbiens.

**Tableau IX.** Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage des fromages (Lenoir et al., 1985).

Groupes Microbiens	Types de fromages	Principales fonctions
<b>Bactéries</b>		
<i>Lactocoques</i> ( <i>Streptocoques</i> , ( <i>Leuconostocs</i> )	Pâtes cuites, (Pâtes pressées, Pâtes molles, pâtes persillées)	Acidification et contribution à la protéolyse. Ouverture de la pâtes et production d'arômes.
<i>Lactobacilles</i> <i>Mésophyles</i> , <i>Thermophiles</i>	Différents types de pâtes Pâtes cuites	production d'arômes. Acidification et protéolyse.
<i>Microcoques</i> <i>M. Caseolyticus</i> , <i>M. Conglomeratus</i>	Pâtes molles Pâtes pressées	Formation de la morge protéolyse. Dégradation des acides aminés.
<b>Bactéries propioniques</b> <i>P. Freudenreichii</i> , <i>P. Jensenii</i>	Pâtes cuites	Ouverture de la pâte. Productions de saveur et d'arômes.
<b>Levures</b>		
<i>Candida</i> , <i>Pichia</i> <i>Geotrichumcandidum</i> <i>Saccharomyces</i>	Pâtes cuites Pâtes molles, pâtes pressées Pâtes persillées	Production d'arômes. Feutrage superficiel. Protéolyse-lipolyse.
<b>Moisissures</b>		
<i>Penicillium camemberti</i> <i>Penicillium roqueforti</i>	Pâtes molles Pâtes persillées	Production d'arômes. Feutrage superficiel. Protéolyse-lipolyse. Aspect persillé. Désacidification.

**Chapitre IV**  
**Principaux fromages**  
**fabriqués en Algérie**

### 1- Fromages frais :

Les fromages frais ou non affinés sont des produits du caillage du lait essentiellement lactique, très humides et périssables ; ils peuvent être consommés immédiatement après la fabrication ou subir, le cas échéant, un léger affinage (Sundaram et Gunasekaran, 2003 ; Walstra et al., 2006). L'extrait sec est de 18 à 30%, la coagulation du lait est lente (de 24 à 30h) avec peu ou pas de présure à basse température ou par une combinaison de chaleur et d'acidité, de texture douce ou granuleuse (Sundaram et Gunasekaran, 2003; Walstra et al., 2006).

#### 1-1- Types de fromages frais :

Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage, l'égouttage lent se fait en sac ou filtré ou bien en cuve, mais les technologies modernes d'ultrafiltration ou de centrifugation du caillé maigre permettent d'accélérer l'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre (Ireland et al., 2002).

Le tableau X cite quelques diversités des fromages frais.

**Tableau X.** Les différents types de fromages frais (Ireland et al., 2002).

Types de fromages	Définition	Référence
<b>Blanc moulés</b>	Fromage n'a pas subi d'autres fermentations que la fermentation lactique.	Luquet et Georges, 2005.
<b>Petit suisse</b>	Fromage frais préemballé non salée et de forme cylindrique d'un poids de 30 à 60 g.	Luquet, 1985.
<b>Demi-sel</b>	Fromage frais à pâte homogène, ferme, salée à 2 %.	Luquet, 1985.
<b>Carré</b>	Fromage frais contenant divers ingrédients.	Fredot, 2005.

La composition de ces différents types de fromage frais est résumée sur le tableau XI.

Tableau XI. Composition en nutriments de différents types de fromages frais (Ireland et al., 2002).

Types de fromage frais	Eau%	Matière sèche (%)	Protides (%)	Calcium mg/100g	Sodium mg/100g	Lipides (%)
Blanc 0% MG	-	15	6 à 8	110	30	0
Suisse 40% MG	-	24	10	100	30	9.5
Demi-sel 40% MG	-	35	15	80	1100	16
Carré 60%MG	-	45	13	80	1100	27

### 1-2- Microbiologie du fromage frais :

Les microorganismes accèdent dans le fromage, soit par addition délibérée dans le cadre de la culture starter ou sont naturellement associées avec les ingrédients utilisés dans la fabrication du fromage. Le procédé de fabrication joue un rôle important dans la définition des conditions environnementales finales du fromage. Cet environnement est très sélectif et exerce un impact majeur sur la croissance et la survie des microorganismes (Beresford et Williams, 2004).

Les communautés microbiennes dans le fromage sont très complexes. Surtout dans les fromages au lait cru qu'au lait pasteurisé, conduisant à des différences dans la qualité organoleptique entre ces deux types (Pelàez et Requena, 2005).

Benkerroum (2013) rapporte que les microorganismes généralement rencontrés dans les fromages fabriqués au lait cru impliqués dans la fermentation, dans le cadre de facteurs de sécurité sont principalement : *Lactococcus slactissub* sp, *Lactisbiovard*, *Lactobacillus caseisubsp*. *Leuconostoc lactis* ; *Pediococcus acidilactis* ; *Enterococcus faecali*. Bien que la pasteurisation élimine une grande partie des microorganismes, les *Bacillus* et les spores de *Clostridium* et des organismes thermorésistants, par exemple, *Micrococcus*, *Microbacterium* et *Enterococcus*, survivront à la pasteurisation et seront présents dans le fromage (Beresford et Williams, 2004).

Les bactéries pathogènes peuvent aussi faire partie de la microflore du fromage frais, résultant de diverses combinaisons telle que : lait cru contaminé, mauvaises conditions sanitaires pendant le traitement et la manipulation, possibilité de prolifération des agent pathogènes et production des toxines pendant le traitement ou le stockage, contamination de l'eau, d'approvisionnement, absence de programme d'assurance qualité. De ce fait certains micro-organismes sont présents : *Salmonella* sp, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, et plus fréquemment *Staphylococcus aureus* à coagulase positive (Benkerroum, 2013).

### **1-3- Etapes de fabrication de fromage frais :**

Selon Jeantet et al. (2017), il y'a 3 grandes étapes pour la fabrication d'un fromage frais :

#### **1-3-1- Préparation du lait :**

Le lait écrémé ou standardisé en matière grasse subit un traitement thermique intense (95° C/1-5min) afin d'éliminer toute flore et favoriser la création de facteurs de croissance (acide formique) pour les bactéries lactiques mésophiles ou thermophiles qui seront ajoutées à raison de 1 à 3% à 20° C. Le traitement thermique permet en outre une plus grande fermeté du caillé et des gains de rendements. Une petite quantité de présure (1 à 10mL pour 100L de lait) est ajoutée au début de l'acidification (acide Dornic : 20-25°).

#### **1-3-2- Coagulation :**

L'acidification s'effectue durant 15 à 18h entre 18 et 30° C pour atteindre un pH de 4, 5 à 4, 55.

#### **1-3-3- Égouttage et moulage :**

Selon le type de produit désiré, le caillé est égoutté selon différentes méthodes, la plus utilisée est la centrifugation : les phases légère (lactosérum,  $\rho = 1020 \text{ kg/m}^3$ ) et lourde (caillé,  $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ ) sont séparées sous l'action du champ d'accélération centrifuge et dirigées respectivement vers l'axe et la périphérie du bol. Le caillé maigre est lissé par des buses de faible diamètre un certain nombre de technique ont été utilisées pour améliorer le rendement : comme le procédé Thermo-Quarg, qui consiste à thermiser le coagulum avant centrifugation afin de précipiter les protéines solubles avec les caséines. Ce procédé permet de réduire la teneur en protéines du lactosérum de 20 à 70%.



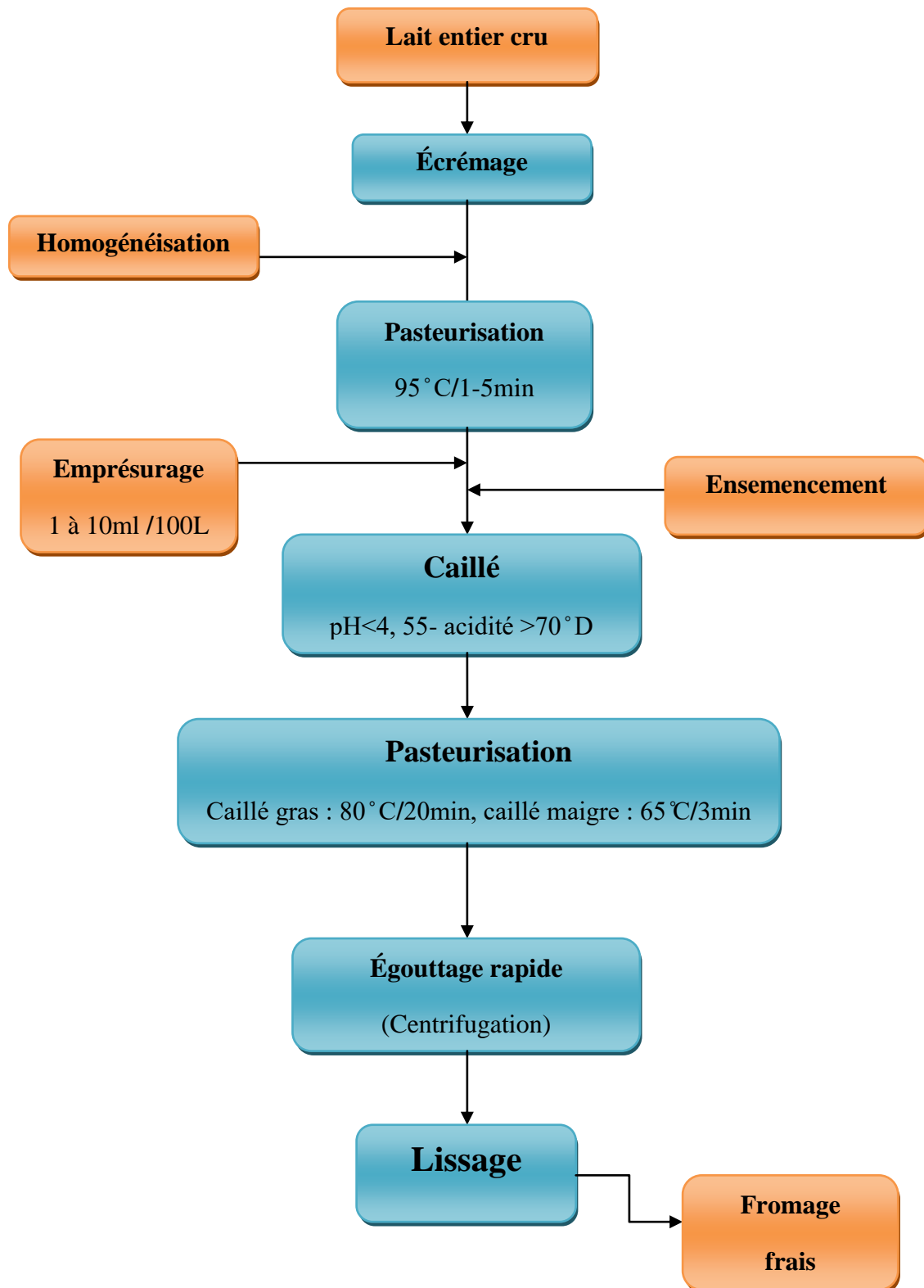


Figure 5 : Diagramme de fabrication des fromages frais (Jeantet et al., 2017).

**2- Fromages à pâtes molles type camembert:**

Le camembert est une des icônes gastronomiques de la France, aux côtés de la baguette de pain, du champagne et d'autres produits faisant partie intégrante de l'image du pays. Il tire son nom du village de Camembert près de Vimoutiers (orne) France. À l'origine, fromage fermier, mis au point vers 1796 par une fermière Marie Harel et d'après l'histoire, c'est sa fille, prénommée elle-aussi Marie et sa descendance Paynel qui en développeront la fabrication (Seminal, 2015).

Selon CODEX 2011 « Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface principalement par des moisissures. Il se présente sous la forme d'un cylindre plat ou des morceaux cylindriques. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle mais non friable, affinée de la surface au centre». Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. La croûte est molle, entièrement recouverte des moisissures blanches caractéristiques essentiellement par *Penicillium candidum* et /ou le *Penicillium camemberti* (CODEX, 2011).

**2-1- Composition et valeur nutritionnelle :**

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. 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 (Mietton, 1995).

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 (Neelakantenet al., 1971).

Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restante 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 et Gillis, 1986).

**2-2- Microbiologie du camembert :**

Le fromage est souvent qualifié d'aliment – vivant, car il abrite une diversité microbienne imposante. Au-delà de sa fabrication et de son affinage, des microorganismes se

partagent les nutriments disponibles, profitent des métabolites de certains ou meurent et permettent la croissance d'autres :

### 2-2-1- Bactéries :

Les bactéries nécessaires à la fabrication des fromages de type Camembert se regroupent en deux principales catégories :

#### 2-2-1-1- Ferments lactiques :

La fermentation dite homolactique se définit comme la transformation du lactose présent dans le lait en acide lactique. Lors de la fermentation hétérolactique un mélange d'acide lactique, d'acide acétique, de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'éthanol sont produits. La production d'acide amène un abaissement du pH qui, s'il atteint une valeur inférieure ou égale à 4,6, permet la coagulation des protéines de lait. Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres (Spinnler et Gripon, 2004). La fermentation lactique contrôlée est utilisée pour la plupart des produits laitiers fermentés, elle est généralement le résultat de l'utilisation de souches de *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Streptococcus*. Le genre de bactéries utilisées dépend du fromage à produire, selon la vitesse d'acidification, le métabolisme, la température et la teneur en sel nécessaires dans le procédé de transformation (Fleet, 1999).

#### 2-2-1-2- Ferments d'affinage :

La majorité des bactéries isolées de fromages à pâte molle ont le potentiel de contribuer à l'arôme des fromages en dégradant les lipides, les protéines et les acides aminés. Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococacceae* et des *Corynebacteriaceae*, mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium* (Mounier et al., 2007). De par sa production de caroténoïdes, *Brevibacterium* est responsable de la couleur orangée de la croûte, mais pour le fromage Camembert (croûte fleurie), cette couleur orangée peut être considérée comme un défaut dans l'apparence des jeunes fromages. Toutefois, comme la croissance de *Brevibacterium* est fortement inhibée par *P. camemberti*, les risques d'apparition précoce de cette couleur sont faibles. Bien que l'utilisation de *Brevibacterium linens* en tant que ferment d'affinage dans les fromages de type Camembert semble relativement peu répandue, cette bactérie possède des capacités technologiques intéressantes (Mounier et al., 2007).

### 2-2-2- Levures :

Les levures sont des microorganismes faisant surtout partie de la flore des fromages à croûte fleurie tel le Camembert. Reconnues pour tolérer de bas pH, elles se développent lentement mais avec constance dans ces fromages. Selon les souches, les levures consomment le lactose, le lactate et/ou le galactose. Les espèces de levures habituellement retrouvées dans les fromages de types Camembert sont *Geotrichum candidum*, *saccharomyces cervisiae*. *Geotrichum candidum* est une espèce particulière car elle est dimorphique, c'est-à-dire qu'elle adopte des formes différentes dépendamment des souches. En effet, elle peut se répliquer en formant un mycélium comme le fait traditionnellement une levure, elles sont aérobies; celles-ci ne peuvent donc que se développer en surface. Les métabolites produits par les levures contribuant à la maturation sont l'éthanol, l'acétaldéhyde et le CO<sub>2</sub> (**Beresford et Williams, 2004**).

Toutefois, les souches de levures responsables de l'affinage doivent être bien contrôlées. En effet, certaines souches de levures altèrent le produit en lui conférant des saveurs fruitées ou amères parfois jugées indésirables en fonction de la concertation. Aussi une production trop élevée de dioxyde de carbone gazeux peut gâcher la texture d'un Camembert. Comme les souches ne sont pas toutes tolérantes au sel, le salage du fromage permet entre autres de les sélectionner (**Beresford et Williams, 2004**).

### 2-2-3- Moisissures :

En fromagerie, les deux principales espèces utilisées pour leurs caractères technologiques sont *P camemberti* et *P roqueforti*. Elles sont respectivement utilisées pour les fromages Camembert et les fromages bleus. *Penicillium camemberti* est une moisissure filamenteuse qui confère aux fromages à pâte molle et à croûte fleurie leur aspect blanc uniforme et duveteux. C'est une moisissure qui peut croître à des températures de 4 à 37 °C, à un pH entre 2 et 8,5 (avec un optimum entre 3,5 et 6,5), des caractéristiques générales de croissances similaires à celles de *P roqueforti* (**Abbas et Dobson, 2011**). Non seulement elle tolère 20-25 % de NaCl, mais une concentration autour de 2 % stimule sa croissance. Elle est donc adaptée aux conditions fromagères. Les souches de *Penicillium* utilisées comme ferment d'affinage sont généralementensemencées directement dans le lait sous forme de spores (**Abbas et Dobson, 2011**).

**2-3- Étapes clés de la fabrication du camembert :****2-3-1- Phase d'ensemencement et de 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), et d'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique). Le lait (un petit volume) estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2%. Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées. Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que préparé) servira à ensemencer les grandes cuves de coagulation, l'introduction des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit des pores de *Penicillium camemberti* et *Geotrichum candidum* (Lenoir et al., 1983).

**2-3-2- Coagulation :**

Selon Jeantet et al (2017), la coagulation du lait peut s'effectuer :

- En discontinu, soit par bassines au sol (80 à 120L), bassines parallélépipédiques sur chaînes (40L), cuves type corblin (80 à 120L par compartiment).
- En continu, par coagulateur, dont le débit peut atteindre 20000L/h.

**2-3-3- Moulage :**

Pour les camemberts traditionnels, il est effectué à la louche ou avec un robot qui actionne 20 louches à la fois avec un débit de 1200 fromages/h. Pour les camemberts industriels, il peut être manuel ou automatisé et le démoulage est soit manuel ou automatisé (Jeantet et al., 2017).

**2-3-4- Affinage :**

L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique où sous l'action d'enzymes, pour la plupart élaborées par la flore microbienne présente, les constituants du caillé sont dégradés. La pâte est ainsi modifiée dans son aspect, sa texture et sa consistance, ce qui lui permet de passer sous la forme d'un produit élaboré dénommé fromage. L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir (Mietton, 1995):

- La dégradation des protéines.
- L'hydrolyse de la matière grasse.
- La fermentation du lactose.

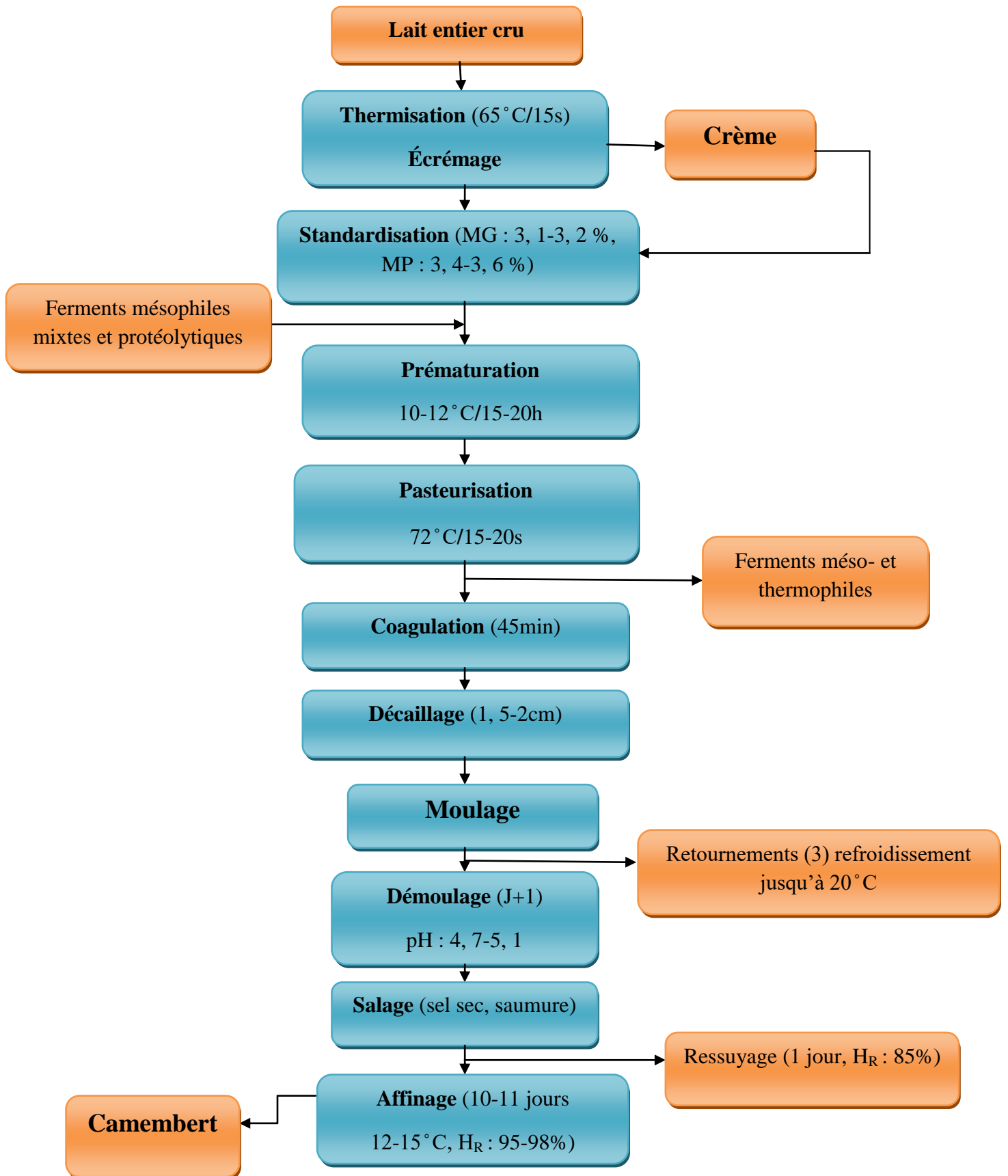


Figure 6 : Diagramme de fabrication du camembert industriel (Jeantet et al., 2017).

**3- Fromages fondus :**

Il s'agit de préparations fromagères fabriquées à partir d'autres fromages qui sont broyés et remet à fermenter ou dont l'ensemble de la pâte est fondu. C'étaient des produits liés à la récupération de restes de fromages (trop faits, trop durs) ou accidentés. Après avoir coupé et broyé de vieux morceaux de fromage immangeables, ils trempaient dans un liquide (fromage frais, lait...Etc.) afin d'enclencher une seconde fermentation. Actuellement, les entreprises laitières en mélangeant des fromages frais et affinés, additionnés éventuellement à du lait, beurre, crème, caséine, lactosérum et d'autres ingrédients, parviennent à produire des saveurs très variées (**Evette, 1975**).

La durée de conservation exceptionnelle des fromages fondus favorise leur commercialisation dans les pays chauds, ou la chaîne de froid peut être défaillante (**Jeantet et al., 2017**).

Les études scientifiques confirment de plus en plus qu'il s'agit d'un excellent produit alimentaire. Les possibilités d'adaptation du fromage fondu à de nouvelles habitudes des groupes les plus variés de consommateurs, notamment aux enfants d'âges scolaire grâce à ses possibilités de diversification représentent pour lui un atout majeur (**Eck et Gillis, 1986**).

**3-1- Valeur nutritionnelle :**

La spécialité fromagère comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Elle apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire comme le démontre le tableau XII. Ne nécessitant aucune préparation, c'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines...Etc.) (**Meyer, 1973**).

Tableau XII : Composition du fromage fondu par 100g (Meyer, 1973).

Composant	45% MG dans ES	60% MG dans ES
Eau	51,3 %	50,6 %
Matière grasse	23,6 %	30,4 %
Protéines	14,4 %	13,2 %
Sodium	1,26 mg	1,01 mg
Potassium	65 mg	108 mg
Calcium	547 mg	355 mg
Vitamine A	0,3 mg	—
Vitamine B <sub>6</sub>	70 µg	80 µg
Vitamine B <sub>12</sub>	0,25 µg	0,25 µg
Vitamine C	Trace	Trace

### 3-2- Technologies de la fonte :

La technique de la fonte diffère beaucoup des machines couramment utilisées pour la fabrication d'autres produits laitiers (Eck et Gillis, 1986).

Le nettoyage de surface est obtenu traditionnellement, pour les fromages ronds à pâte dure, par raclage. Des procédés développés en fabrication industrielle, tels que des jets d'eau chaude à très haute pression commencent à être utilisés. Une partie des fromages matières premières est reçue sous la forme de grands blocs sous film, ce qui permet de remplacer l'écroûtage par un déshabillage facile, n'occasionnant aucune perte (Eck et Gillis, 1986).

Pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte, il est impératif de fragmenter les fromages. Ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre selon le niveau d'intensité acceptable par le produit fini (Guineetal., 2004).

Le choix entre une pasteurisation, ou une stérilisation s'effectue en fonction de la qualité bactériologique des fromages mis en œuvre, du matériel à disposition et du type de produit fini. En pratique, les températures rencontrées s'échelonnent de 70°C pour des produits finis à pouvoir de refonte élevé, jusqu'à 140°C, voire 145°C, pour des fromages fondus tartinables (Oliveira et al, 2016). Dans les cuiseurs continus, le mélange peut être chauffé jusqu'à 140°C pendant 2 à 20 secondes, puis refroidi et maintenu à une température comprise entre 70 et 95°C durant 4 à 15 minutes (Begueria, 1999).



L'homogénéité du mélange est fondamentale pour assurer une bonne qualité du produit fini, elle est notamment fonction du matériel, de l'intensité des forces de cisaillement générées par les systèmes d'agitation, ainsi que de la durée du traitement. Deux paramètres sont fondamentaux : la température et le temps de fonte (**Roustel et Boutonnier, 2015**).

Le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute recontamination au conditionnement. Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermo-scellable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (**Meyer, 1973**).

Le conditionnement du fromage fondu doit faire l'objet d'une attention particulière pour plusieurs raisons: Présentation extérieure du produit ; assurance d'une fermeture étanche garantissant au fromage fondu le statut de semi-conserve. Le conditionnement est généralement réalisé de manière entièrement automatique, à des cadences relativement rapides, le tout avec une grande sécurité hygiénique (**Oliveira et al., 2016**).

Parmi les différents types de conditionnement du fromage fondu, c'est le conditionnement en portions à tartiner qui est le plus populaire. Celui-ci s'effectue dans une feuille d'aluminium vernie sur les deux faces. La feuille est préformée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui, après remplissage avec la pâte fondue, reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage. Le scellage a lieu entre 60 et 75°C, ce qui permet d'utiliser dans certains cas la seule chaleur du fromage fondu comme énergie de scellage (**Roustel et Boutonnier, 2015**).

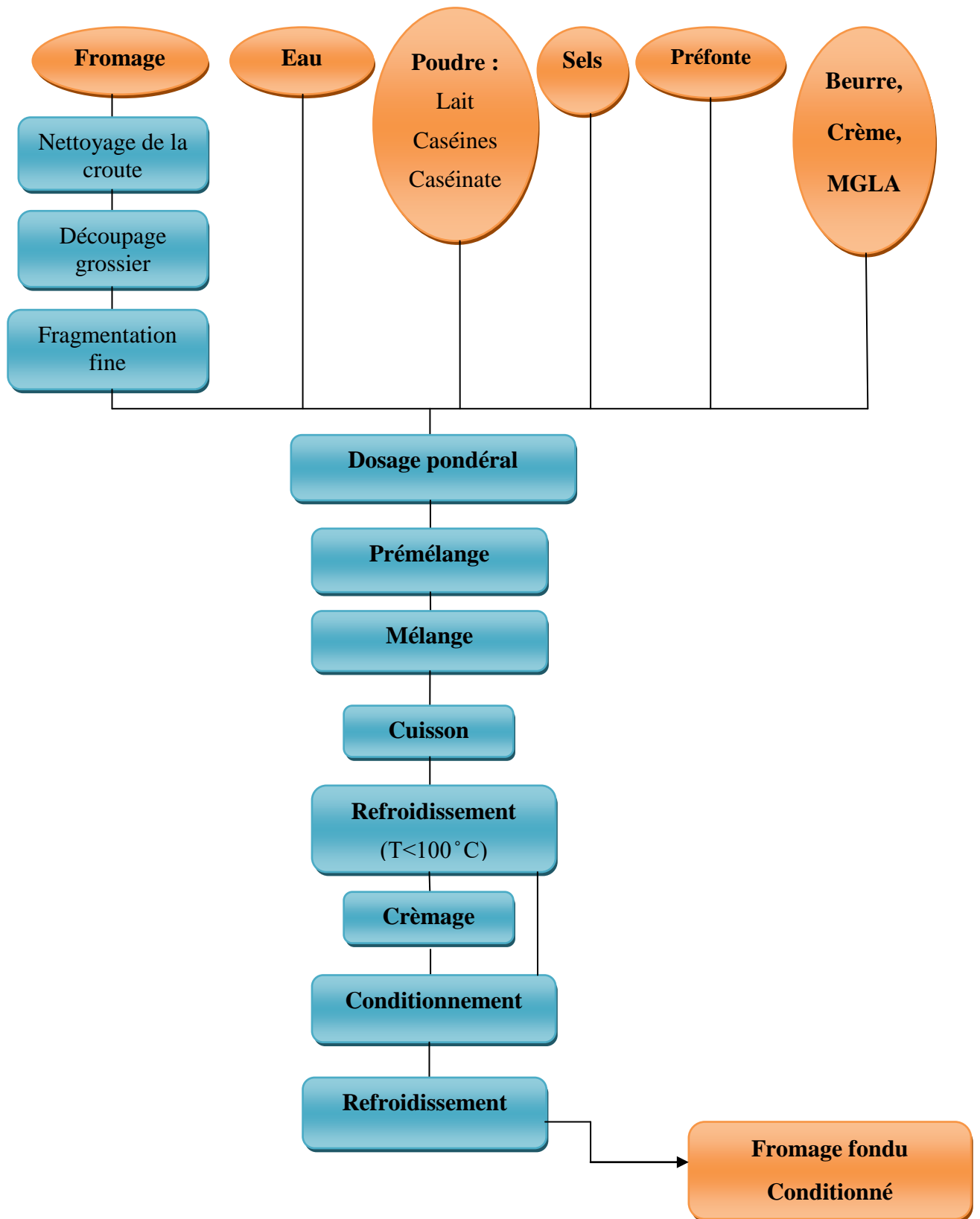


Figure 7 : Diagramme de fabrication du fromage fondu (Boutonnier, 2000).

**Conclusion**

## Conclusion

---

L'objectif de cette étude est de connaître les préférences de consommation du fromage par les clients et les différents types de fromage fabriqués en Algérie.

La technologie fromagère permet d'obtenir une très grande variété de fromages, selon la méthode de coagulation, d'égouttage et la technique d'affinage utilisée.

Notre étude montre qu'en Algérie, les principaux types de fromages fabriqués sont les fromages fondus, frais et pâtes molles de type camembert. Les Algériens consomment surtout du fromage fondu (46,29%). Le fromage fondu est le fromage le moins cher en Algérie, il est le principal fromage produit dans le pays et il est largement consommé, il représente l'essentiel des ventes du fromage.

La production locale ne couvre qu'une faible partie de la demande en fromage, les importations permettent de pallier les besoins qui sont loin d'être satisfaits par la production locale, les principaux inconvénients de cette filière en Algérie sont la faible production laitière locale, le manque de l'effort de l'investissement et une grosse partie des fromages produits en Algérie sont fabriqués avec de la poudre de lait importée et subventionnée par l'état.

La technologie fromagère est en constante évolution afin de prendre en compte les nouvelles utilisations des fromages et un profil nutritionnel adapté à certaines populations cibles. La filière locale est en retard par rapport aux autres pays, avec une petite gamme de fromages produits. Ce travail nous a permis d'accroître nos connaissances en matière de fabrication fromagère.

En perspective, cette étude pourrait être enrichie par d'autres recherches complémentaires comme :

- Les raisons d'utilisation de la poudre de lait dans la fabrication des fromages au lieu du lait cru.
- La faible gamme des fromages en Algérie et les solutions proposées pour régler ce problème.
- Fabriquer et mettre en vente des nouvelles gammes de fromages sur le marché Algérien.

**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### A

**Abbas A et Dobson A.D. (2011).** Yeasts and Molds | *Penicillium camemberti*. In: Editor-in-Chief: John WF, editor. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). San Diego: Academic Press. pp. 776-779.

**Adrian J, Potus J et Frangne R. (2004).** La science alimentaire de A à Z ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).

**Alais C, Linden G, et Miclo L. (2008).** Biochimie alimentaire. Dunod 6<sup>ème</sup> édition. Paris. pp : 86-88.

**Amellal R. (1995).** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de ladépendance. CIHEAM - Options Méditerranéennes, Série B, 14 :230-238.

**Amiot J., Fournier 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 Ré Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29 (600 pages).

### B

**Beerens H et Luquet F.M. (1987).** Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et des produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 144 p.

**Beguiria C. (1999).** Process for the manufacture of cheese products by processing of a cheese raw material. Eur. Pat. Appl. FR2 750 015 A1.

**Benkerroum N. (2013).** Traditional Fermented Foods of North African Countries : Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. Comprehensive Reviews in Food Safety 12:54-89.

**Beresford T, Williams A. (2004).** The microbiology of cheese ripening cheese in Chemistry, physics and microbiology. Ed. Elsevier academic press. 287-317.

## Références bibliographiques

---

**Boutonnier J.L. (2000).** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'ingénieur, F6310: 1-14.

**Brule G. (1987)** . Les minéraux. In Cepil (1987). Le lait matière de l'industrie laitière. Cepil-INRA, Paris. 87-98.

**Byland G. (1995).** Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86 , Lund, Sweden : 18-23-381 (436 pages).

### *C*

**Claude JM, Michel P et Jacques R. (2002).** Lait de consommation. In : Vignola CL. (Eds.), Science et technologie du lait. Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, pp. 277-321.

**Codex Alimentarius. (2011)** : Norme Codex pour lait et produits laitiers le Camembert (codex Stan 276-1973) .

**Codex Alimentarius. (2010).** Norme Codex pour le Camembert (codex Stan 283-1978).

**Codex Standard (283-1978).** Norme codex pour les fromages (1978).

**Codex Standard (243-2003).** Norme codex pour lait et lait fermenté (2003).

### *E*

**Eck A et Gillis JC. (1986).** Le fromage. 2<sup>ème</sup> Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 540 p.

**Eck A et Gillis JC. (2006).** Le fromage. 3<sup>ème</sup> Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.

**ELEC, (2015).** Economie laitière en chiffre. Editeur : centre national interprofessionnel de l'économie laitière (CNIEL), 2015. P184.

**Evette J.L. (1975).** La fromagerie.- Paris : Presses universitaires de France, 140 p.

## Références bibliographiques

---

### *F*

**Fleet GH. (1999).** Microorganisms in food écosystems. Int J Food Microbiol 50: 101-117.

**Fredot E. (2005).** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 10-14. 397 p.

### *G*

**Gaucheron F. (2004).** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier, paris. (922 pages).

**Gelais-St.D., Tirard-C.P., Belonger G., Couture R. et Drapeau R. (2002).** Fromage.  
In : Vignola CL. Sciences et technologies du lait, transformation de lait. Presses Internationales, polytechniques, Québec, pp. 349-412.

**Guerault A. M. (1956).** La fromagerie devant les techniques nouvelles. Edition Sep. Paris. 301p.

**Guinee T.P, Caric M, Kalab M. (2004).** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/ Imitation Cheese Products. Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheese Groups vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science Ltd, London, p. 349-394.

### *H*

**Hoden A et Coulon J-B. (1991).** Maitrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5).p: 361-367.

### *I*

**Ireland J, Favier J. C et Feinberg M. (2002).** Répertoire général des aliments Tome2 ; produits laitiers. 2ème édition. Ed. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris.



## Références bibliographiques

---

### *J*

**Jeantet R, Brulé G et Delaplace G. (2011).** Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière. 2eme édition Tec et Doc Lavoisier. Paris.

**Jeantet R, Croguennec T, Garric G et Brulé G. (2017).** Initiation à la technologie fromagère. 2<sup>ème</sup> Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.

### *K*

**Kaci M et Sassi Y. (2007).** Industrie laitière et des corps gras, Recueil des fiches sous sectorielles. EDPme. 44 P.

**Koussou M.O, Grimaud P, Mopatél Y. ( 2007).** Evaluation de la qualité physico-chimique et hygiénique du lait et des produits laitiers locaux commercialisés dans les bars laitiers de N'Djamena au Tchad. Filières laitières et marches en mutation. Revue Elev. Médevét. Pays trop, 60(1-4) : 45-49.

### *L*

**Lenoir J, Lambert G et Schmiodt J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage l'exemple du Camembert. Pour la Science, 69, 30-42.

**Lenoir J, Lamberet G et Schmidt J.L. (1985)** .la maitrise de bioréacteur de fromage , volume9 , 1ére édition, 41p.

**Lenoir J, Lamberet G, Schmidt J.L et Tourneur C. (1985).** La main d'œuvre microbienne domine l'affinage des fromages. Rev laitFr, 444 :50-64.

**Lenovich L.M. (1987).** Survival and death of microorganisms as influenced by water activity : Theory and applications to food. Marcel Dekkar, INC. New York, pp. 119-133.

**Luquet F.M. (1987).** Laites et produits laitiers vache, Brebis, Chèvre. Volume I. Edition : Tec et Doc, Lavoisier. P: 397.

## Références bibliographiques

---

**Luquet F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.

**Luquet F.M et Georges C. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Lavoisier, Paris. 307 p.

### *M*

**Mahaut M, Jeantet R et Brulé G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.194p.

**Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris: 3-190 (220 pages).

**Meyer A. (1973).** Processed Cheese Manufacture, Food Trade Press Ltd., London, 201 p.

**M.I.A.A. (2015).** Le Marché des Industries Alimentaires en Algérie 2015. L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture N°97 Novembre / Décembre 2015.

**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.

**Mounier J, Rea MC, O'connor PM, Fitzgerald GF, Cogan TM. (2007).** Growth characteristics of *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Microbacterium*, and *Staphylococcus* spp. isolated from surface-ripened cheese. Appl Environ Microbiol 73: 7732-7739.

### *N*

**Neelakanten J., Shahanik M., Arnold R.G. (1971).** Lipases and flavor development in some italian cheese varieties. Food Production Development, 5,52-58.

## Références bibliographiques

---

### *O*

**Oliveira R.B.A, Margalho L.P, Nascimento J.S, Costa L.E.O, Portela J.R, Cruz A.G and Sant'Ana A.S. (2016).** Processed cheese contamination by spore-forming bacteria: a review of sources, routes, fate during processing and control. *Trends Food Science Technology*, 57, 11-19. Doi: 10.1016/J.Tifs.2016.09.008.

### *P*

**Paccalin J, Galantier M. (1986).** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers. In : FM Luquet (éd.). *Laits et produits laitiers. Vache-brebis-chèvre*, 3<sup>ème</sup> Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.

**Pelàez C, Requena T. (2005).** Exploiting the potential of bacteria in the cheese ecosystem. *International Dairy Journal* 15: 831-844.

**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: 34 (102 pages).

### *R*

**Roustel S et Boutonnier J.L. (2015).** Fromage fondu : Technologie de fabrication et contrôle qualité. *Techniques de l'ingénieur*, F6311: 1: 1-19.

**Ruegg M et Blanc B. (1981).** Water activity : influences on food quality. Rockland and Stewart. Ed, Academic Press.

### *S*

## Références bibliographiques

---

**Seminal L. (2015).** Le livre blanc du camembert liberté, égalité, camembert ! Fromages & Chefs. 34 pages

**Shaw M.B. (1986).** Modern cheesemaking : soft cheeses. In: RK Robinson (Ed). Modern dairy technology.Vol II: Advances in milk products. Elsevier Appl. Sci. Publ., London, England.

**Skeie S.(2007).** Characteristics in milk influencing the cheese yield and cheese quality.J. **Anim.Feed Science**. 16 (1), 130-142.

**Spinnler H.E et Gripon J.C. ( 2004).** Surface Mould-Ripened Cheeses. In: Fox PF, McSweeney PL, Cogan TM, Guinee TP, editors. Cheese:Chemistry, Physics and Microbiology. 3rd ed. pp. 157-174.

**Sundaram-Gunasekaran, M.M.A. (2003).** Cheesemaking-An overview *in* cheese rheology and texture.Ed. CRC press,Washington, Dc.1-13.

### *T*

**Thapon J.L. (2005).** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77 pages).

### *V*

**Vignola C. (2002).** Science et technologie du lait Transformation du lait . Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada.3-600p.

### *W*

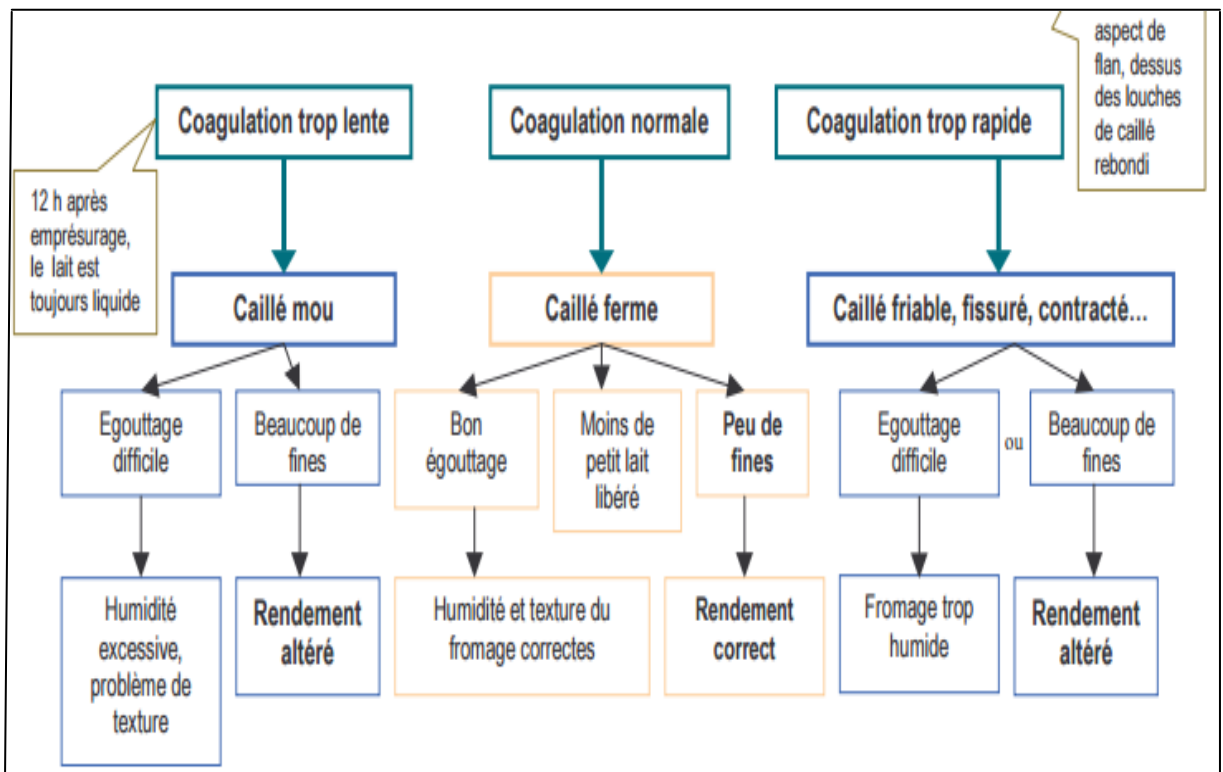
**Walstra. P,Wouters. J.T.M, Geurts. T.J. (2006).** Dairy science and technology. Ed. CR C Taylor and francis Group, CLL.756p.

# **Annexes**

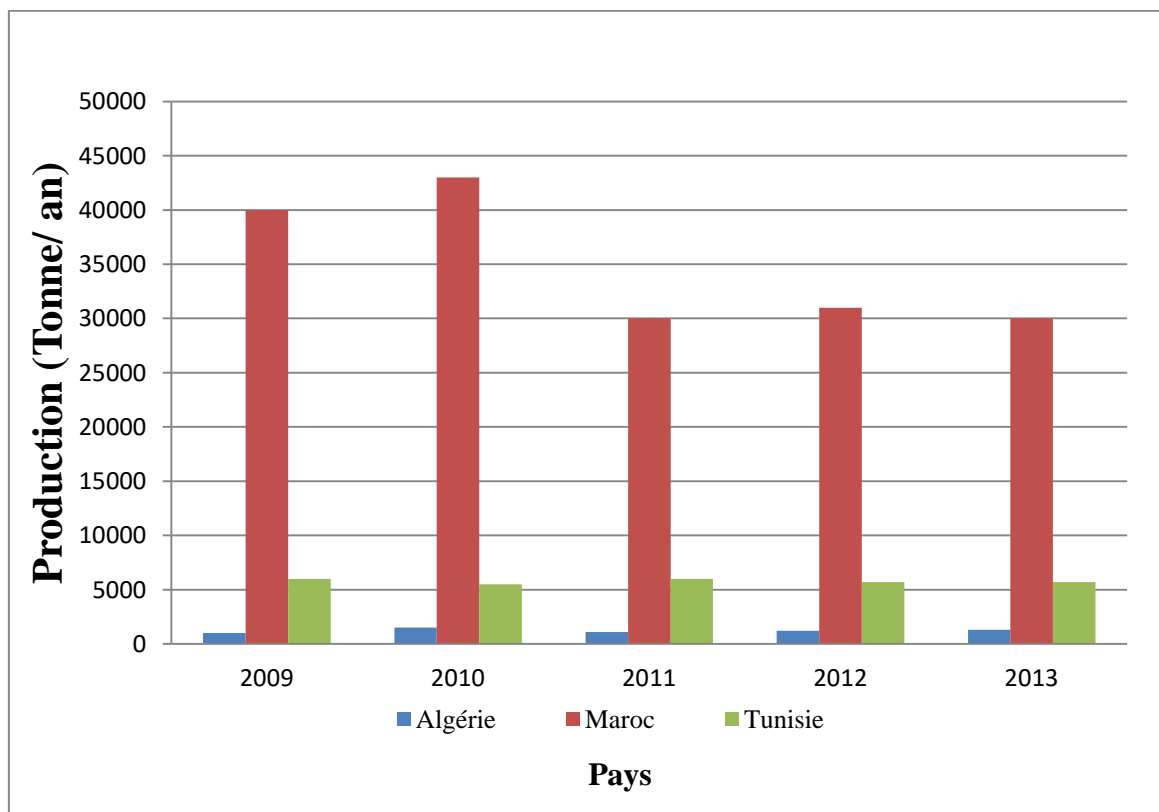
## Annexes

**Tableau I.** Les voies technologiques et les classes de fromage (Gelais et Tirard cité par Vignola, 2002).

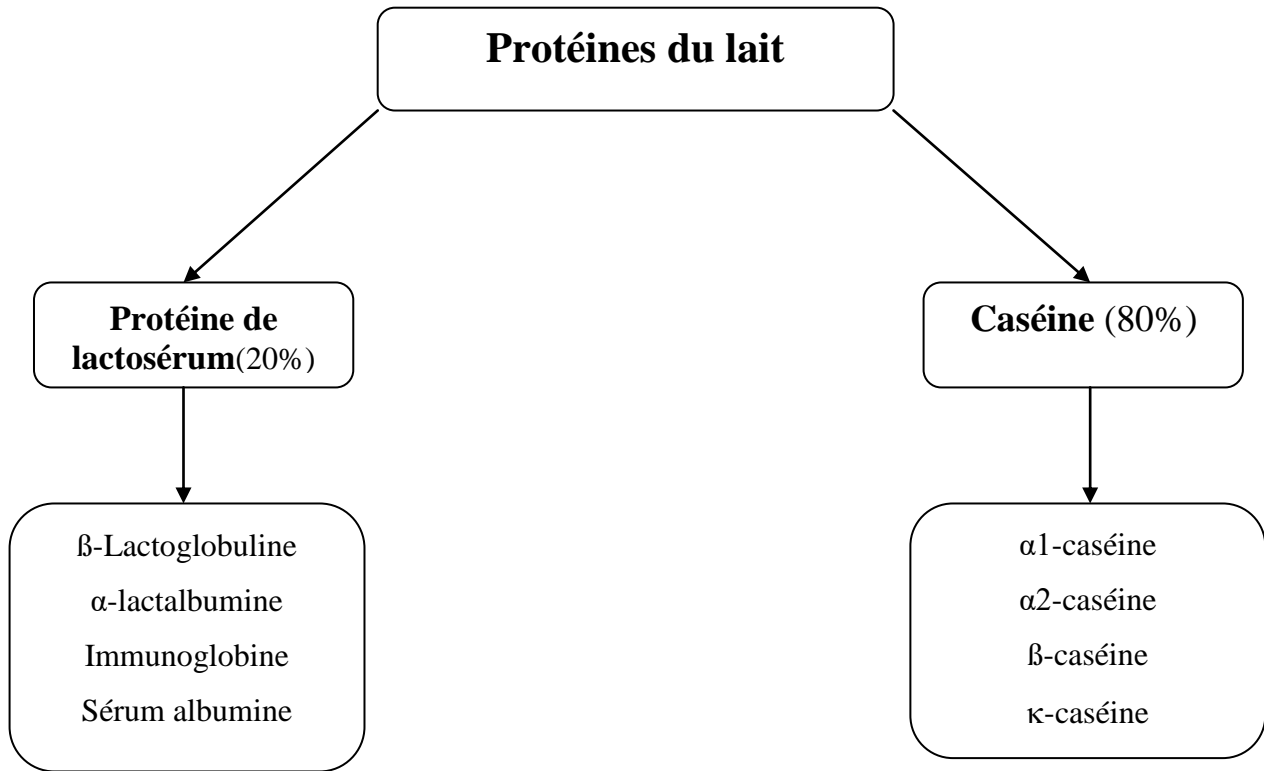
Critères de Classification	Classes associées à chaque critère			
<b>Coagulation</b>	Lactique	Mixte	Présure	
<b>Egouttage</b>	Lent	Pressé non cuit	Cuit non pressé	Pressé cuit
<b>Affinage</b>	Sans affinage			
	Croute fleurie			
			Croute lavée	
			Persillée	
			Affinage dans la masse sans ouverture	
			Avec ouverture	
<b>HRED</b>	Pâte fraîche	Pâte molle	Pâte semi-ferme	Pâte ferme ou dure
<b>Exemples de fromages</b>	Chèvre frais Cottage Quark Fromage à la crème	Brie Camembert Féta Paillot de chèvre	Mozzarella Saint-paulin Bleu de brebis	Brick Cheddar Gouda Emmenthal



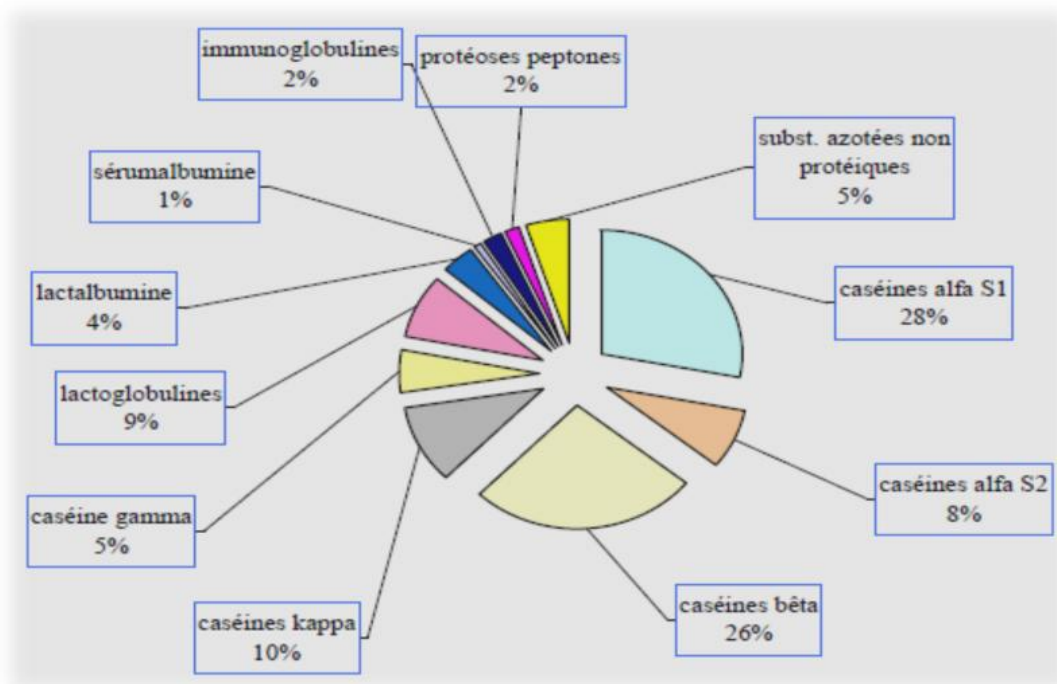
**Figure 1.** L'effet des paramètres de caillage sur le rendement (Delphine, 2005).



**Figure 2.** La production Algérienne par rapport au Maroc et la Tunisie (FAOSTAT, 2015).

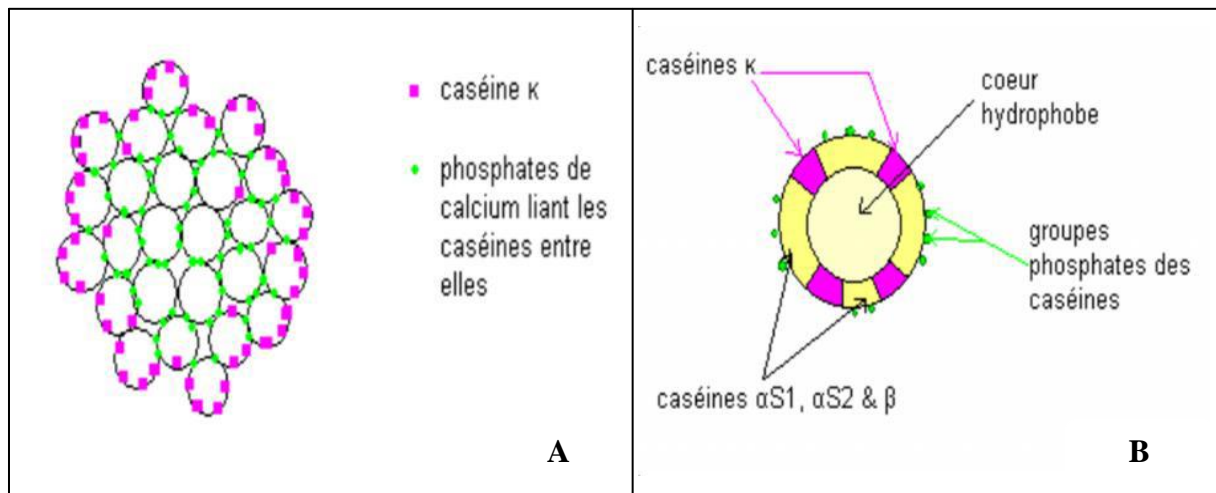


**Figure 3.** Classification des protéines de lait de vache ( Skeie, 2007).



**Figure 4.** Proportions des diverses protéines du lait (Alais et al., 2008).





**Figure 5.** Structure d'une micelle (A) et sub-micelle (B) caséique (Mathieu, 1998).

**Tableau II.** La moyenne des préférences des clients pour chaque type de fromage en% (en détail).

Régions	Types de fromage préféré par les clients (%)			La moyenne des préférences (%)
	Frais (%)	Fondu(%)	Camembert (%)	
<b>*wilaya de Bejaia</b>				
• Akbou mall	80	60	20	
• Tazmalt	30	70	60	
• Riki	20	75	60	
• Beni Mansour	25	60	30	
• Taharachet	30	50	60	
• Gendouza	40	65	50	
• Igedaren	40	70	50	
• Arafou	20	75	45	
• Sidi Ali	40	80	60	
• La ville	40	80	40	
• Hafsa	50	70	30	
• Achikhoun	20	75	50	
• Stade	40	75	50	
• La Gare	13	70	30	
• Les urgences	40	70	17	
• Biziou	35	50	30	
• Akhenak	30	65	40	
• Amalou centre	35	70	50	
• Timasririn	30	70	45	
• Boushal	20	75	60	
	25	65	40	
		80	10	
				Frais : 22, 56 % Fondu : 47, 09% Camembert : 30, 34%

## Annexes

• Thadarthouada	35	75	60	
• Beni jamhour	40	80	35	
• Akourma	40	70	65	
• Tizioukdam	50	85	50	
• Taorirte	20	80	50	
• Ighilental	30	70	40	
• Ighileiharkane	30	60	30	
• Thoudar	10	50	20	
• Bouhamza	45	85	50	
• Seddouk centre	45	75	35	
• Cité Bercani	50	80	50	
• Meloui	45	75	40	
• Cité d'urgence	50	65	50	
• Takrit	30	70	60	
• Igzeramoukrane	45	70	35	
• El-kesseur	20	70	50	
• Berchiche	45	75	60	
• Targaouzamour	50	80	65	
• Beni maouche	65	85	60	
	56	81	67	
<b>*Wilaya de Tizi-Ouzou :</b>				Frais : 26, 94 % Fondu : 38, 35% Camembert : 34, 7%
• Azazga	70	85	80	
• Friha	60	90	75	
• Iaazougen	50	85	80	
• La nouvelle ville	70	80	80	
• La zone sud	45	80	65	
<b>*Wilaya de Tisamsilt :</b>				Frais : 30, 95 % Fondu : 46, 82% Camembert : 22, 22%
• Khmisti	50	70	30	
• Laayoun	60	75	45	
• Thnaythad	40	70	35	
• WladLaanssen	45	80	30	
<b>*Wilaya de Djelfa :</b>				Frais : 25, 92% ; Fondu : 59, 25% Camembert : 14, 81%
• Hasiafdoul	35	80	20	
<b>*wilaya de Mestghanem :</b>				Frais : 24, 95 % Fondu : 40, 99% Camembert : 34, 05%
• Wladalkhir	60	90	80	
• Ain Tablest	50	90	70	
<b>*Wilaya de Tyaret :</b>				Frais : 25 % Fondu : 50, 89 % Camembert : 24, 1 %
• Hamadia	30	65	20	
• Rechaga	40	70	40	
• Mahdia	50	75	45	
• KesserChelala	20	75	30	
<b>*Wilaya d'Alger :</b>				Frais : 35, 04% Fondu : 40, 68% Camembert : 24, 27%
• Mouradia	50	70	40	
• Hidra	60	50	20	
• Ber mouradrayess	70	40	15	

## Annexes

---

• <b>Hamadi</b>	60	80	40	
• <b>Labeyar(affricana)</b>	70	80	55	
• <b>Ain lbnyan</b>	60	80	45	
• <b>Dwira</b>	75	90	50	
• <b>Kalitous</b>	55	80	35	
• <b>Babzaouar</b>	60	85	50	
• <b>Chemenav</b>	70	50	35	
• <b>Bablwad</b>	70	80	50	
• <b>Chouvali</b>	70	90	50	
• <b>Chouvali</b>	60	60	40	
• <b>Dar lbiyda</b>	75	80	50	
• <b>Les villée</b>	70	90	60	
• <b>La grand post</b>	50	85	75	

## Annexes

---

### Questionnaire sur la préférence des clients :

• le sexe : femme  Homme

• Age :

• Vous aimez le fromage ? Oui  Non

Pourquoi ?

• Quels types de fromage vous préférez ?

Frais

Fondu

Camembert

• Pour quels raison vous choisissez ce type de fromage ?

• Vous le consommez combien de fois par semaine ?

Une fois  2  3  4  plus de 4

• Souhaitez- vous de consommer autre genre de fromage ? : Oui  Non

Quel genre ?

\*Pour les commerçants :

• La vente de ces types de fromage dépends de :

Disponibilité  Période  Qualité  Prix  Agglomération

## Résumé

Le fromage est un produit d'excellente valeur nutritionnelle consommé par plusieurs populations dans le monde, il occupe une place importante sur le marché vue la forte demande pour tous les groupes d'âge.

La technologie permet d'obtenir une très grande variété de fromage selon plusieurs critères.

Afin de situer les préférences des clients, une enquête a été menée en milieux urbain et ruraux de différentes wilayas de l'Algérie.

Les résultats des recherches effectuées ont révélé que les principaux fromages fabriqués en Algérie sont les fromages fondus, frais et à pâte molle types camembert, avec une préférence de consommation pour le fromage fondu chez les clients.

**Mots-clefs :** Fromage frais, fondu, camembert, technologie fromagère, valeur nutritionnelle

## Abstract

Cheese is a product of excellent nutritional value consumed by many people in the world, it occupies an important place on the market given the high demand for all age groups.

The technology makes it possible to obtain a very wide variety of cheese according to several criteria.

In order to situate the preferences of customers, a survey was conducted in urban and rural areas of different wilayas of Algeria.

The results of the research carried out revealed that the main cheeses made in Algeria are processed, fresh and soft cheeses, type Camembert, with a preference for consumption of processed cheese among customers.

**Keywords:** Fresh cheese, processed cheese, camembert, cheese technology, nutritional value.