

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

جامعة محمد بوضياف المسيلة

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE

MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE

FILIÈRE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : QUALITE DES PRODUITS ET  
SECURITE

**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master**

Par :

BENCHEIKH Aya

NEGHZA Manel

**Intitulé**

**Caractérisation physico- chimique et microbiologique du Fromage fondu  
fabriqué à fromagerie Walid de Bordj Bou Arreridj.**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Pr. AOUN Omar

Université de M'sila

Président

Dr. BEN MIRI Yamina

Université de M'sila

Rapporteuse

Dr. BOUBKEUR Hafsa

Université de M'sila

Examinatrice

**Année universitaire:2021/2022**

## Remerciement

La présentation de ce modeste travail m'offre l'occasion d'exprimer toute ma reconnaissance aux personnes, qui nous ont aidés de façon inestimable durant la réalisation du présent document.

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour surmonter toutes les épreuves et mener à terme ce travail.

Nous voudrions remercier **Dr BEN MIRI YAMINA**, qui nous fait l'honneur d'accepter de diriger ce modeste mémoire, pour ces orientations, ces conseils.

Nos sincères remerciements au **Pr. AOUN Omar**, Maître de Conférences à Université de M'sila, pour l'avoir accepté comme président de notre jury de notre soutenance. Et **Dr. BOUBKEUR Hafsa** pour avoir accepté de faire partie de notre jury de notre soutenance et pour ses efforts dans la révision de cette mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*À ma chère mère pour son amour, son encouragement et ses sacrifices.*

*À mon père pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.*

*À mon frère (Amir) et mes sœurs (Amira et Yousra) qui m'avez toujours soutenu et encouragé tout au long de mon parcours.*

*À mon binôme (Manel) pour sa sympathie.*

*À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent l'amour et de la vivacité.*

*À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.*

*Aya*

*Je dédie ce modeste travail à*

*Mes chers parents que dieu accorde santé et longue vie pour leur amour, soutien et encouragement.*

*Mes sœurs ; Samira, Habiba et Bissa, et mon frère Chabane. En signe d'amour ; sans leur encouragement et leur soutien, je n'aurai certainement pas fait d'études longues.*

*À toutes les personnes qui m'ont poussé et motivé et qui ont su me soutenir et m'ont prodigué tout au long de ma scolarité.*

*Et à ma collègue AYA qui m'a soutenu dans cette humble recherche.*

*Manel*

## Résumé

Notre travail consiste à suivre la stabilité du fromage fondu fabriqué à la Fromagerie Walid de Bordj Bou Arreridj, par l'analyse de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques du fromage fondu. Les analyses physicochimiques ont révélé une bonne stabilité avec des valeurs acceptables et conformes aux normes. Les analyses microbiologiques obtenues ont montré l'absence d'*E. Coli*, des *salmonelles* et de *Staphylococcus aureus*.

On conclut à travers cette étude, que le fromage fondu par la Fromagerie Walid est de qualité hygiénique, microbiologique et sanitaire de valeur, donnant ainsi sa côte sur le marché.

**Mots clés :** fromage fondu, Fromagerie Walid, analyse physicochimique, analyse microbiologique.

## Abstract

Our work consists in monitoring the stability of the processed cheese produced at the Walid Cheese in Bordj Bou Arreridj, by analyzing certain physicochemical and microbiological parameters of the processed cheese. Physicochemical analyzes revealed good stability with acceptable values that comply with standards. The microbiological analyzes obtained showed the absence of *E. coli*, *salmonella* and *Staphylococcus aureus*.

It is concluded through this study, that the cheese processed by Walid Cheese is of hygienic, microbiological and sanitary quality of value, thus giving its side on the market.

**Keywords:** processed cheese, Walid Cheese, physicochemical analysis, microbiological analysis.

## الملخص

مهمتنا هي مراقبة الجبن المعالج المصنوع في مجبنة وليد في ولاية برج بوعريريج، من خلال تحليل بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية و الميكروبيولوجية للجبن المعالج، اظهرت التحليلات الفيزيائية الكيميائية استقرارا جيدا مع القيم المقبولة وفقا للمعايير. اظهرت التحليلات الميكروبيولوجية التي تم الحصول عليها عدم وجود الاشريكية القولونية و السالمونيلا و المكورات العنقودية.

تخلص هذه الدراسة الى ان الجبن الذي تعالجه مجبنة وليد ذو جودة صحية و ميكروبيولوجية و ذات قيمة صحية، و بالتالي يعطي.

**الكلمات الرئيسية :** الجبن المعالج، مجبنة وليد، التحليلات الفيزيائية الكيميائية، التحليلات الميكروبيولوجية.

## Liste des abréviations

- %:** Pour cent.
- °C:** Degré Celsius.
- AA :** Acide aminé.
- AFNOR:** Association française de normalisation.
- AGS :** Acides gras saturés.
- EST:** Extrait Sec Total.
- G /S :** Gras sur sec.
- g:** Gramme.
- H :** Humidité.
- h:** Heure.
- J.O.R.A:** Journal Officiel de la république Algérienne.
- MG :** Matière grasse.
- MI:** Millilitre.
- MS :** Matière sèche.
- PH :** Potentiel d'hydrogène.
- SFB:** Bouillon d'enrichissement *Salmonella*.
- TH :** Taux d'humidité.
- TSE :** Tampon sel-eau.
- VRBG:** Violet Red Bile Glucose Agar.

## Liste des tableaux

<b>Tableau I:</b> Composition et valeurs nutritionnelles du fromage fondu .....	12
<b>Tableau II:</b> Défaut au moment de la fonte .....	17
<b>Tableau III:</b> Défauts constatés pendant le stockage .....	18
<b>Tableau IV:</b> Défauts microbiens du fromage fondu .....	18
<b>Tableau V:</b> Les résultats des analyses physico-chimiques du fromage fondu pour les 03 semaines.....	28
<b>Tableau VI:</b> Les résultats des analyses microbiologiques du fromage fondu. ....	30

## Liste des figures

<b>Figure I:</b> Classification didactique des fromages. ....	8
---	---

# Sommaire

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
INTRODUCTION .....	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
<b>I Généralités sur les fromages</b> .....	3
I. 1 Définition.....	3
I. 2 Transformation du lait en fromage .....	3
I. 2. 1 Principes généraux de fabrication .....	3
I. 2. 1. 1 Coagulation .....	3
I. 2. 1. 1. 1 Coagulation acide .....	3
I. 2. 1. 1. 2 Coagulation enzymatique.....	3
I. 2. 1. 1. 3 Coagulation mixte .....	4
I. 2. 1. 2 Égouttage .....	4
I. 2. 1. 3 Salage.....	4
I. 2. 1. 4 Affinage .....	4
I. 2. 1. 4. 1 Les agents de l'affinage .....	5
I. 2. 1. 4. 2 Les conditions de l'affinage.....	5
I. 3 Technologie fromagère .....	5
I. 3. 1 Classification des fromages .....	6
I. 3. 1. 1 Critères de classification.....	6
I. 3. 2 Les différents types de fromages .....	6
<b>II Fromage fondu</b> .....	9
II. 1 Définition : .....	9
II. 2 Les différents types de fromage fondu.....	9
II. 2. 1 Fromage fondu type « bloc ».....	9
II. 2. 2 Fromage fondu type « coupe » .....	9
II. 2. 3 Fromage fondu tartinable .....	9
II. 2. 4 Fromage fondu ayant une texture « crème » .....	10
II. 2. 5 Fromage fondu toastable (pour refonte).....	10
II. 2. 6 Fromage fondu thermostable .....	10
II. 2. 7 Fromages frais fondus .....	10
II. 3 Composition et valeur nutritionnelle du fromage fondu .....	10
II. 3. 1 Les Compositions .....	11
II. 3. 1. 1 Protéines .....	11
II. 3. 1. 2 Lipides .....	11
II. 3. 1. 3 Vitamines.....	11
II. 3. 1. 4 Sels minéraux.....	12
II. 4 Les constituants du fromage fondu.....	13
II. 4. 1 Matière première utilisée.....	13

II. 4. 2 Sels de fonte .....	13
II. 4. 3 Préfonte .....	13
II. 5 Procédé de fabrication du fromage fondu .....	13
II. 5. 1 Sélection des matières premières : .....	13
II. 5. 2 Préparation des matières premières .....	14
II. 5. 3 Écroutage, découpage et broyage .....	14
II. 5. 4 Formulation .....	14
II. 5. 5 Fonte proprement dite .....	14
II. 5. 6 L'homogénéisation .....	15
II. 5. 7 Conditionnement.....	15
II. 5. 8 Refroidissement .....	16
II. 5. 9 Stockage .....	16
II. 6 Défauts de fabrication de fromage fondu.....	16
II. 6. 1 Défaut au moment de la fonte.....	17
II. 6. 2 Défauts constatés pendant le stockage .....	18
II. 6. 3 Défauts d'origine microbiens .....	18
II. 7 Contrôle de la qualité .....	19

### PARTIE EXPERIMENTALE

III. 1 Lieu de travail .....	22
III. 2 Protocol expérimentale .....	22
III. 2. 1 Matériel et réactifs utilisés .....	22
III. 2. 2 Échantillonnage .....	23
III. 2. 3 <b>Analyses physico-chimiques</b> .....	23
III. 2. 3. 1 Mesure du Potentiel Hydrogène (pH).....	23
III. 2. 3. 2 Détermination de taux d'humidité .....	23
III. 2. 3. 3 Détermination de taux de l'Extrait Sec Total (EST).....	23
III. 2. 3. 4 Détermination de la teneur en matière grasse .....	24
III. 2. 3. 5 Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total.....	24
III. 2. 4 <b>Analyses microbiologiques</b> .....	25
III. 2. 4. 1 Préparation des dilutions .....	25
III. 2. 4. 2 Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	25
III. 2. 4. 3 Recherche des <i>salmonelles</i> .....	26
III. 2. 4. 4 Recherche d' <i>E. coli</i> .....	26

### RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV. 1 Les analyses physico-chimiques du fromage fondu.....	28
IV. 1. 1 Mesure du potentiel hydrogène (pH).....	28
IV. 1. 2 Détermination de la teneur en humidité .....	28
IV. 1. 3 Détermination de taux de l'EST.....	28
IV. 1. 4 Détermination de la teneur en matière grasse .....	29
IV. 1. 5 Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total .....	29
IV. 2 Les analyses microbiologiques du fromage fondu.....	29
IV. 2. 1 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	29
IV. 2. 2 Les <i>salmonelles</i> .....	29
IV. 2. 3 <i>E. coli</i> .....	30

# **INTRODUCTION**

Aujourd'hui, l'industrie agro-alimentaire occupe une place importante dans le monde. Le consommateur recherche des aliments sains, faciles à préparer pour satisfaire ses besoins. Le lait par sa grande qualité nutritionnelle, a toujours été considéré comme un aliment à part entière, mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité. L'irrégularité de la production, par son caractère saisonnier et la grande fragilité du produit a incité les producteurs à développer des formes d'apport des éléments essentiels du lait ; c'est ainsi que sont apparues les premières préparations fromagères (**Mahaut *et al.*, 2000**).

Le fromage constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme ou presque par toutes les régions du globe. Il existe une très grande variété de fromage, selon la nature du lait et les technologies mises en œuvre (**Mahaut *et al.*, 2000**).

Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines laitières, tout en conservant plus ou moins l'aspect d'un fromage (**Boutonnier, 2000**). L'une des préoccupations majeures de l'humanité depuis ses origines, a été de conserver ses aliments de façon à se nourrir en tout temps. Or les développements microbiens représentent le principal risque sanitaire d'une part, et la plus importante cause de détérioration des aliments d'une autre part.

Dans notre pays, la fabrication du fromage fondu est maintenant une industrie florissante. En matière de goût, de qualité, de texture et de composition, une large gamme de fromage fondu est élaborée. De plus, ce produit est très apprécié par le consommateur algérien, en particulier les enfants.

A cet effet, nous nous sommes intéressés à travers ce travail, au fromage fondu, fabriqué au niveau de la Fromagerie de Walid ; par l'analyse de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini.

# **REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I .Généralités sur les fromages**

### **I. 1.Définition**

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 (**Codex-283, 2011**).

### **I. 2.Transformation du lait en fromage**

#### **I. 2. 1.Principes généraux de fabrication**

Le fromage est le produit obtenu par coagulation du lait suivie d'un égouttage du coagulum. La fabrication du fromage comprend trois étapes (**FAO, 1995**) :

- Coagulation ou formation du gel ou coagulum.
- Égouttage ou déshydratation du gel aboutissant à un caillé.
- Affinage ou digestion enzymatique du caillé.

#### **I. 2. 1. 1.Coagulation**

##### **I. 2. 1. 1. 1.Coagulation acide**

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique (pH=4,6) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (injection de CO<sub>2</sub>, addition de glucono-8-lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide) (**Romain et al., 2008**).

##### **I. 2. 1. 1. 2.Coagulation enzymatique**

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par actions d'enzyme protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (**Romain et al., 2008**).

On distingue trois phases :

- Phase primaire ou enzymatique elle correspond à l'hydrolyse de la caséine k au niveau traduction de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106).
- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées : à PH 6,6, elle commence lorsque 80 à 90% de la caséine K est déshydrolysé.
- Phase tertiaire ou phase de réticulation : elle conduit à la formation du gel.

Plusieurs facteurs influent 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

et les traitements préalables du lait tels que le refroidissement, le traitement thermique et l'homogénéisation (**Romain et al. 2008**).

### **I. 2. 1. 1. 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 (**Romain et al., 2008**).

### **I. 2. 1. 2. Égouttage**

L'égouttage est l'étape du procédé de fabrication fromagère qui a pour objectif d'accélérer la synérèse puis de séparer le lactosérum du caillé. Il s'agit d'une déshydratation partielle du caillé où la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés avec le lactosérum (**Vuillemard, 2018**).

Cette étape dure entre 24 et 36 heures. Elle se déroule à une température de 18 à 20 °C. Une température trop basse nuit à un bon égouttage, une température trop élevée fournit un fromage trop sec (**Fournier, 2007**).

### **I. 2. 1. 3. Salage**

Il a un triple rôle : il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte ; il règle l'activité de l'eau du fromage et par là favorise, freine ou oriente le développement des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage ; il relève la saveur du fromage et masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage (**Vuillemard, 2018**).

On utilise deux procédés de salage: le salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine, par frottement ou par incorporation dans le caillé; le salage en saumure généralement saturée (318 g/litre à 20 °C) (**Vuillemard, 2018**).

### **I. 2. 1. 4. Affinage**

L'affinage du fromage est une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé qui va donner au fromage les caractéristiques organoleptiques attendues par les consommateurs (**Sicard, 2010**).

Il développe l'aspect et la texture recherchés de la pâte. Les principes de l'affinage sont (**Zeller, 2005**) :

- La perte d'humidité ;
- La désacidification de la pâte ;

- La dégradation des matières azotées (protéolyse) en éléments de base (peptides, acides aminés) ;
- La transformation de la matière grasse (lipolyse) en acides gras (flaveur) ;

Le développement des levures et des moisissures produisant des enzymes qui dégradent les constituants du caillé pour donner la texture et le goût recherchés.

### **I. 2. 1. 4. 1. Les agents de l'affinage**

Peuvent être classés dans les trois catégories suivantes (**Magal, 2012**) :

- Les enzymes naturels du lait :
- Les enzymes coagulantes qui proviennent de la présure
- Les enzymes d'origine microbienne qui ont un rôle dans l'acidification

### **I. 2. 1. 4. 2. Les conditions de l'affinage**

Pour que l'affinage se produise correctement, il faut respecter les conditions de :

- Température entre 8 et 12°C pour la régulation enzymatique
- D'humidité correspondant au développement des flores spécifiques Renouvellement d'air
- Fréquence des soins et hygiène des locaux.

## **I. 3. Technologie fromagère**

Les techniques fromagères ont pour but d'assurer la préservation du lait et d'en différer la consommation dans le temps. La protection du produit est obtenue principalement par une acidification lactique et par une déshydratation partielle dirigées qui sont conduites pendant les deux premières phases de la fabrication. Une troisième phase, appelée affinage, intervient ensuite le plus souvent ; elle correspond à une transformation par voie enzymatique et microbienne du substrat précédemment séparé lors de l'égouttage (**Ramet, 1993**).

Les fromages au long de la production fromagère représente une série finement orchestré de séquences consécutives et événements biochimiques itinérants qui, s'ils sont synchronisés et équilibrés, produisent des produits aux arômes et saveurs hautement désirables, mais, s'ils sont déséquilibrés, entraînent des saveurs et des odeurs désagréables (**Fox et al., 2000**).

### **I. 3. 1. Classification des fromages**

#### **I. 3. 1. 1. Critères de classification**

Il n'existe pas de liste définitive de fromages et d'estimations du nombre de variétés dont il fait partie d'environ 400 à 1400, cependant, de nombreuses variétés sont en fait assez similaires en termes de composition, de saveur et de texture et de technologie de fabrication et doivent donc être considérées comme des variantes plutôt que des variétés. Trois grandes approches ont été utilisées comme base pour la classification des variétés de fromage (McSweeney, 2007) :

- Texture, qui est largement déterminée par la teneur en humidité et en matières grasses
- Indices de maturation.
- Méthode de coagulation comme critère principal, mais couplée à d'autres facteurs.

#### **I. 3. 2. Les différents types de fromages**

Les fromages sont classés en (Majdi, 2009 ; vUILLEMARD, 2018) :

**1. Fromages à pâte fraîche :** La pâte fraîche est la base de tout fromage, et existe au début de tout processus de fabrication, avant toute fermentation et tout affinage. La pâte fraîche est faite à partir de lait et pour certains de petit-lait ( lactosérum) tiré du lait entier ou écrémé comme le fromage à la crème. D'autres peuvent être enrichis de crème.

#### **2. Fromages à pâte pressée**

**2.1. Fromages à pâte pressée cuite :** Les **Fromages à pâte pressée cuite** ou **pâte dure**, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé au moment de son tranchage à 65 °C puis laissé à l'affinage :

- Lorsqu'il est **thermisé**, le lait est chauffé à environ 65 °C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore.
- Lorsqu'il est **pasteurisé**, le lait est chauffé de 72 à 85 °C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiat à 4 °C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait.

**2.2. Fromages à pâte pressée non cuite :** Le terme à pâte pressée se dit d'un fromage dont le caillé est pressé au moment du moulage afin d'éliminer le maximum de lactosérum, puis laissé à l'affinage.

### **3. Fromages à pâte molle**

Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. Ce type de fromages se divise en deux catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et naturelle et les pâtes molles à croûte lavée. Ils sont fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru.

**3.1. Fromages de pâte molle à croûte fleurie :** La texture coulante et crémeuse des fromages de pâte molle à croûte fleurie est due à sa méthode de fabrication et à l'égouttage du caillé qui est déposé (à la louche), sans être brisé ou rompu, dans des moules : il s'égoutte naturellement sans pression; on parle d'égouttage spontané. Après quelques heures, la masse est salée à l'aide de sel, ou encore plongé dans une saumure.

La croûte blanche et fleurie est formée par un champignon, le *penicillium candidum*, que l'on pulvérise sur la surface avant l'affinage qui dure environ un mois.

**3.2. Fromages de pâte molle à croûte lavée :** Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule. Ce « rompage » facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage. Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes.

**4. Fromages à pâte persillées :** Les pâtes persillées sont des caillés mixtes au caractère acide très développé en fin de fabrication se caractérisent par un goût épicé, piquant, apporté par les méthylcétones provenant de la lipolyse poussée de la matière grasse. Des aiguilles sont utilisées pour percer le caillé, permettant des ouvertures et un apport d'oxygène interne, un *penicillium* s'y développe, ce qui crée les marbrures bleues.

**5. Fromages fondus :** résultent de la fonte de fromages à pâte pressée cuite ou non cuite, d'un seul ou plusieurs types. Ils peuvent être additionnés de lait, crème ou d'arômes.

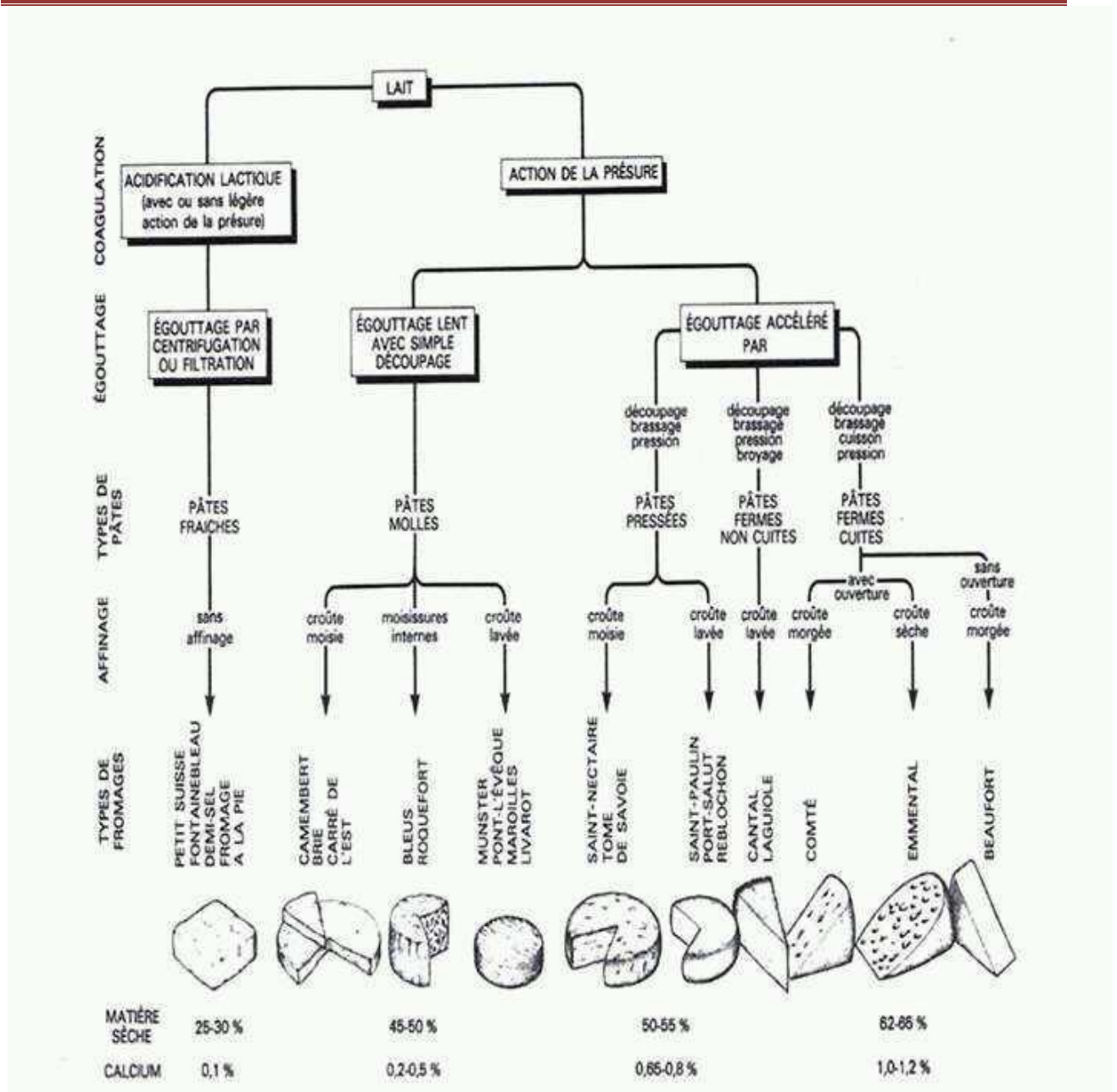


Figure 1: Classification didactique des fromages (Lenior *et al.*, 1983).

## **II . Fromage fondu**

### **II. 1.Définition**

Le fromage fondu est issu de la seconde transformation du lait. Sa fabrication implique le mélange, le chauffage et la texturation de produit laitiers. Définissent l'attribution de la dénomination (fromage fondu) aux Produits de la fonte du fromage ou d'un mélange de fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers présentant une teneur minimale en matière sèche de 43 grammes pour 100 grammes de produit fini et une teneur minimale en matière grasse de 40 grammes pour 100 grammes de produit après complète dessiccation **(Décret n°628 ,2007)**

### **II. 2. Les différents types de fromage fondu**

Selon **(Benamara et Boudjemaa ,2017)**, ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en sept familles:

#### **II. 2. 1. Fromage fondu type « bloc »**

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée, bien que celui-ci ait fait l'objet d'un chauffage.

#### **II. 2. 2.Fromage fondu type « coupe »**

Moins ferme que le bloc, il n'en est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherchée, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques.

#### **II. 2. 3. Fromage fondu tartinable**

C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes). Ils existent principalement sous trois formes : La portion aluminium (la plus répandue), la présentation en barquette et, plus marginale, la présentation en tube.

---

**II. 2. 4. Fromage fondu ayant une texture « crème »**

Ils possèdent généralement un ratio caséines sur protéines totales plus faible que les fromages fondus tartinables. Ils conservent une propriété d'écoulement à température ambiante (caractère visqueux) et sont généralement conditionnés en barquettes, pots, tubes.

**II. 2. 5. Fromage fondu toastable (pour refonte)**

Originaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle. Ils peuvent être produits à partir de fromages fondus de type « bloc », mais aussi après coulage dans un film plastique, suivi d'un refroidissement rapide, d'une préparation fromagère fondue dont la texture est obtenue, entre autres, par la gélification d'un hydrocolloïde (carraghénanes en général).

**II. 2. 6. Fromage fondu thermostable**

Issu d'une demande extrême-orientale, à l'inverse du précédent, ce fromage fondu ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé et les blocs obtenus sont découpés puis incorporés dans des plats cuisinés à base de légumes ou de poissons. Ces préparations peuvent être appertisées, et les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation.

**II. 2. 7. Fromages frais fondus**

Ces fromages fondus sont obtenus à partir de fromages non affinés. De ce fait, ils présentent des caractéristiques sensorielles très différentes des autres produits. De texture courte et tartinable, ils sont généralement de couleur blanche et ont des saveurs plus lactiques.

**II. 3. Composition et valeur nutritionnelle du fromage fondu**

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Sa composition nutritionnelle varie selon le type de produit fini (bloc, tartinable, toastable. . .) mais aussi en fonction des attentes gustatives des consommateurs locaux. Ainsi, à titre d'exemple, la différence significative constatée entre les teneurs moyennes en sodium dans les fromages fondus en France et aux États-Unis repose sur la nette préférence des consommateurs (**Tableau I**).

---

## II. 3. 1. Les compositions

### II. 3. 1. 1. Protéines

De par leur procédé de fabrication, les fromages fondus présentent globalement moins de protéines que les autres fromages : environ 10,2 g pour 100 g contre 22 à 27 g pour les pâtes molles et pâtes pressées non cuites (**Richonnet, 2015**).

La qualité nutritionnelle de ces protéines laitières repose sur une forte digestibilité (> 95 %) et une composition en acides aminés indispensables particulièrement bien équilibrée permettant de satisfaire les besoins de l'homme (**Richonnet, 2015**).

Dans les fromages fondus, les caséines sont les protéines majoritaires (92 %), caractérisées par une teneur élevée en proline et un taux relativement faible en acides aminés (AA) soufrés (cystéine notamment). Les protéines « lentes », elles favorisent un bilan protéique positif chez le sujet jeune en croissance facilitent un anabolisme protéique postprandial (**Richonnet, 2015**).

### II. 3. 1. 2. Lipides

Les lipides présents dans les fromages fondus sont exclusivement issus des matières grasses laitières apportées par leurs ingrédients : fromages, lait, beurre, crème ou matière grasse laitière. La composition de la matière grasse des fromages fondus est donc en tout point comparable à la matière grasse laitière. Présentée sous forme bien émulsionnée, sa digestibilité est optimale et elle est caractérisée par sa richesse en acides gras saturés (AGS): 60—65 % des acides gras (**Richonnet, 2015**).

### II. 3. 1. 3. Vitamines

Les taux de vitamines liposolubles dépendent de la richesse du lait en matière grasse. Ainsi 85% environ de la vitamine A laitière passe dans le fromage. Il n'en pas de même vitamines hydrosolubles. La perte des vitamines B entraînées dans le lactosérum peut atteindre 90%.

En cours de conservation, les concentrations en vitamine B sensiblement. Les moisissures synthétisent et consomment certaines vitamines de ce groupe, mais globalement, leur présence a plutôt un effet enrichissant (**FAO, 1995**).

### II. 3. 1. 4. Sels minéraux

- **Sodium**

Le sodium présent dans les fromages fondus à trois origines : les fromages ingrédients, les sels de fonte sodiques et le chlorure de sodium (sel de cuisine) ajouté lors de la production. Avec une moyenne de 737 mg de sodium (**Richonnet,2015**).

- **Calcium**

Il constitue 1,3 % du poids corporel de l'homme adulte et se trouve pour 99 % dans le squelette et dans les dents. Comme tous les produits laitiers le fromage fondu contribue à l'apport en calcium : les produits laitiers contribuent pour 70 % à l'apport calcique de la ration, le fromage apportant en moyenne 290mg/j de Ca.

Le calcium est indispensable à la croissance, il contribue à maintenir l'intégrité et la solidité du squelette et des dents : les besoins varient selon l'âge, (**Goldschmidt et al, 2004**).

- **Potassium**

Il est présent dans les produits laitiers ; ainsi la teneur d'un fromage fondu a 45% de G/S est de 152 mg/100g ce qui en fait une bonne source, cette teneur est plus importante dans les fromages hyposodés ou l'ion Na est remplacé par l'ion K<sup>+</sup>.

**Tableau I** : Composition et valeurs nutritionnelles du fromage fondu (**Fredot, 2005**).

Composition	Valeur nutritionnelle
Protéines	17 mg
Lipides	9 mg
Valeur énergétique	330 kcals
Sodium	110 mg
Calcium	< 150 mg
Potassium	100 mg
Magnésium	18 mg
Phosphore	645 mg
Zinc	8 mg

## **II. 4. Les constituants du fromage fondu**

### **II. 4. 1. Matière première utilisée**

La première étape du processus la fabrication du fromage implique la sélection des ingrédients et la préparation d'une formulation. En plus de fromage naturel et sels émulsifiants, il existe divers autres produits laitiers et non laitiers (colorants, arômes, épices, gommés alimentaires, inhibiteurs de moisissures, et ainsi de suite) ingrédients qui sont utilisés dans la fabrication de fromage fondu ture. Différents ingrédients affectent les propriétés physico-chimiques, saveur et les propriétés fonctionnelles du fromage fondu de différentes manières **(Rohti et Llyod, 2008)**.

### **II. 4. 2. Sels de fonte**

Parmi les sels de fonte, il y a des sels qui séquestrent le calcium, les principaux sont des sels sodiques de l'acide citrique et des mono-, di- et poly phosphates de sodium. Le rôle de ces sels est de chélater le calcium, de disperser les protéines et les rendre solubles. Ils modifier le pH du fromage **(Vuilleumard, 2018)**. Aussi hydrater les caséines présentes dans le fromage fondu naturel afin qu'elles puissent facilement interagir avec les phases aqueuse et grasse, produisant une émulsion de fromage fondu homogène **(Rohti et Llyod, 2008)**.

### **II. 4. 3. Préfonte**

Il s'agit d'un fromage déjà fondu, qui a été exposé depuis un certain temps aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte. Son rôle régulateur du processus de fonte, et son taux d'incorporation varie de 2 à 10% en masse selon la nature des matières premières et le type de texture recherché pour les produits finis **(Boutonnier, 2008)**.

## **II. 5. Procédé de fabrication du fromage fondu**

Il comprend une série d'étapes détaillées ci-après :

### **II. 5. 1. Sélection des matières premières :**

La sélection est guidée par les caractéristiques souhaitées du produit fini. Le choix des matières premières contribuera à la détermination du procédé de fonte **(Goldschmidt et al, 2004)**.

### **II. 5. 2. Préparation des matières premières**

Cette étape consiste au nettoyage des fromages éventuellement souillés en surface ou pour lesquels la croûte est considérée comme indésirable. En effet, dans certains cas, la dureté de celle-ci peut entraîner des difficultés de fonte et la présence dans le produit fini de particules infondues. Cet écroûtage peut se faire par raclage, par abrasion ou encore par jets d'eau ou de vapeur sous pression (**Benamara et Boudjemaa, 2017**).

### **II. 5. 3. Écrouitage, découpage et broyage**

L'écrouitage du fromage peut se faire par raclage, abrasion ou encore par jets d'eau ou de vapeur sous pression pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte. Les fromages de grand format à pâte dure sont découpés à l'aide de lames ou de couteaux. (**Richonnet, 2015**). Cette découpe grossière est suivie d'un broyage, Cette technique s'effectue à l'aide de machine spéciale (broyeur). Le fromage sort de broyeur sous forme de long spaghettis (**Luquet, 1985**).

### **II. 5. 4. Formulation**

La formulation des ingrédients est faite de manière à donner une composition de produit fini souhaitée. Formulation est effectuée sur la base des teneurs en matière grasse et en matière sèche dès le fromage naturel, y compris tous les composants du mélange, ajouté l'eau. Si nécessaire, des ajustements supplémentaires de matières grasses et sèches sont possibles avant la fin du traitement.

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un pré broyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu.

La formulation du mélange implique la sélection du type et de la quantité correcte de "naturel". Fromages, ES, eau et ingrédients facultatifs pour donner un PCP avec le composition, saveur texture et propriétés fonctionnelles (**Hui et Sherkat, 2005**).

### **II. 5. 5. Fonte proprement dite**

L'opération de fonte consiste en un broyage, malaxage, traitement thermique et épaissement éventuel d'un mélange de matière première afin d'obtenir une pâte homogène stable chimiquement et microbiologiquement sur une durée plus ou moins longue pouvant aller de 3 à 12 mois. En terme biochimique, la fonte se caractérise par l'obtention d'une émulsion aussi stable que possible (**Goldschmidt et al., 2004**).

- **Péptisation**

Elle correspond à la phase de déstructuration de la masse protéique initiale issue des matières premières fromagères et laitières (Lee, 1981). Cette étape est indispensable pour obtenir, après action du traitement thermique, un mélange homogène caractéristique des fromages fondus.

Cette déstructuration nécessite l'utilisation de sels de fonte qui, en séquestrant le calcium lié aux protéines, permettent la transformation de la caséine en paracaséinate de sodium hydratable et stable au traitement thermique. Le rôle des minéraux est essentiel lors de cette étape. (Goldschmidt *et al.*, 2004).

- **Crémage**

Le crémage nécessite des températures entre 70 et 90°C, cette étape est après la péptisation, l'épisode de la fonte qui détermine la qualité future du fromage fondu. En pratique signifie plus précisément gonflement et hydratation (Lee, 1981). La notion de gonflement peut s'appliquer à l'augmentation de viscosité pendant la fonte, à la fixation d'eau, ou à la transformation de la pâte d'un jeune fromage en une pâte crémeuse plus courte (Cavalcante, 1995).

## **II. 5. 6. L'homogénéisation**

L'homogénéisation améliore la stabilité de l'émulsion grasse en réduisant la taille des globules gras.

Il améliore également la consistance, la structure, l'apparence et saveur du fromage fondu. Cependant, puisqu'il exige des capitaux supplémentaires pour couvrir l'augmentation des coûts d'exploitation et de maintenance et prolonger la production programme, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les mélanges à forte teneur en matières grasses (Kalab *et al.*, 1987).

## **II. 5. 7. Conditionnement**

Le fromage fondu se présente généralement sous forme de pâte à tartiner, conditionnée en boyaux ou en portions sous emballages aluminium (Lambert, 1988).

### **II. 5. 8. Refroidissement**

Le produit de fromage fondu est généralement fourré à chaud (>72 °C) puis refroidi. Le refroidissement conduit à la cristallisation des graisses et à la prise du produit final. Le taux de le refroidissement a une influence majeure sur les caractéristiques du produit final avec un refroidissement lent les produits étant plus fermes et plus faciles à trancher, et les produits à refroidissement rapide étant plus doux et plus tartinable. Une vitesse de refroidissement plus rapide favorise un moindre degré d'organisation structurale locale à la fois de la phase protéique (réseau) et réseau de graisse cristalline (**Fox et al ., 2017**).

### **II. 5. 9. Stockage**

Le produit fini est stocké à moins de 10°C. Il ne doit pas être stocké dans des conditions congelées car une basse température peut induire la formation de cristaux (**Kanawjia et khetra, 2016**).

## **II. 6. Défauts de fabrication de fromage fondu**

La qualité d'un fromage fondu est influencée par de nombreux facteurs liés à la formulation et au procédé de fabrication. C'est ainsi que de très légers écarts dans la mise en œuvre peuvent avoir des conséquences significatives. Celles-ci peuvent se traduire par la survenue de défauts observables dès le stade de fonte ou après un certain temps de stockage (**Benamara etBoudjema ,2017**). Les tableaux **II** et **III** regroupent les défauts et les remèdes possibles des fromages.

II. 6. 1. Défaut au moment de la fonte

Tableau I: Défaut au moment de la fonte (Berger, 1985 ; Berger *et al.*, 1989).

Aspect de la pâte	Origine possible	Remède
La pâte n'est homogène	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Le pH est faible, et sa valeur dépend de e la matière première employée (ex : emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar)</li> <li>*La teneur de sel est faible</li> <li>*le temps de cuisson étant court</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Augmenter le pH</li> <li>*Augmenter la dose</li> <li>*Augmenter le temps</li> </ul>
Le fromage fondu liquide	<ul style="list-style-type: none"> <li>*la matière première utilisée n'est affinée, n'arrive pas à crémier ou à l'inverse, est trop vieille et ne gonfle pas</li> <li>*Les sels de fonte employée n'étaient pas crémants</li> <li>*Le mélange contient une quantité élevée d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Mélanger la matière première jeune avec une autre affinée</li> <li>*Mettre un sel crémant</li> <li>*Vérifier la qualité d'eau</li> </ul>
La pâte forme des fils	<p>Mauvaise due à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*L'emploi des sels n'est pas adéquat</li> <li>*Temps de fonte court</li> <li>*Dose de sels de fonte n'est pas exacte</li> <li>*Brassoir d'une vitesse faible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Augmenter le temps</li> <li>*Augmenter la dose de sels</li> <li>*Augmenter la vitesse des bras soirs</li> </ul>
à l'ouverture des pétrins la pâte est trop molle	pH élevé	Diminuer le Ph
à l'ouverture des pétrins la pâte est relativement épaisse	pH faible	Augmenter le Ph

**II. 6. 2. Défauts constatés pendant le stockage**

**Tableau II:**Défauts constatés pendant le stockage (Berger *et al.*, 1989).

Défaut	Origine possible	Remède
Le fondu a un goût prononcé de fromage	Cela tient dans la plupart des cas, à un emploi élevé du fromage trop vieux où une valeur élevée du pH	<p>*Si c'est possible de mélanger la matière première à un fromage plus jeune.</p> <p>*Réduire la quantité des sels de fonte en remplaçant la différence par le citrate de sodium qui masque le goût indésirable</p>

**II. 6. 3.Défauts d'origine microbiens**

Les micro-organismes peuvent causer plusieurs types généraux de détérioration dans le fromage. Les défauts d'apparence qui apparaissent dans le (Tableau IV) sont ceux qui peuvent amener le consommateur à rejeter un produit en se basant strictement sur la vue (Hutkins, 2018)

**Tableau III:** Défauts microbiens du fromage fondu (Fox, 1999).

Défauts	cause	Remède
trous d'apparence	<p>*Changements bactériologiques (croissance de <i>clostridia</i>, <i>coliformes</i> ou bactéries propioniques)</p> <p>*changement physique (air occlus, CO<sub>2</sub> du mélange émulsifiant (citrate), trous remplis de liquide d'agent émulsifiant ayant une faible solubilité)</p> <p>*changements chimiques. (hydrogène provenant de la réaction entre le fromage fondu et la feuille d'aluminium)</p>	<p>*choisir avec soin le mélange de fromage</p> <p>*conserver les températures de transformation &gt;95°C</p> <p>*utiliser un aspirateur approprié</p> <p>* préchauffer l'émulsifiant de citrate avant le traitement</p> <p>*prolonger le temps de traitement</p> <p>*vérifier la porosité de la feuille d'aluminium et, au besoin, la changer</p>
goût moisi	<p>*contamination de l'air,</p> <p>*fromage cru moisi</p>	<p>*utiliser des feuilles hermétiquement fermées</p> <p>*éliminer tous les fromages moisis</p>
arôme chimique	*fromage naturel non	*retirer les composants de

	aromatisé*certain agents de conservation *vapeur impure *émulsifiant impur	mauvais goût du mélange *vérifier la pureté de la vapeur
texture (corps, consistance) trop douce	*humidité élevée *émulsifiant inadéquat *émulsifiant insuffisant *pH élevé *refroidissement rapide *excès de fromage mûr dans le mélange *traitement prolongé. *agitation lente	*réduire la teneur en eau*utiliser un émulsifiant approprié; *augmenter la teneur en émulsifiant*diminuer le pH *ralentir le refroidissement*augmenter la proportion de fromage jeune dans le mélange *réduire le temps de transformation*augmenter la vitesse d'agitation
trop dur	*faible humidité *émulsifiant inadéquat *excès d'émulsifiant *liquide de refroidissement lent à faible pH *mélange inadéquat *excès de crème ou de fromage sur-moulu et retravaillé	*augmenter la teneur en eau, utiliser un émulsifiant approprié *diminuer la teneur en émulsifiant *augmenter le pH *augmenter le taux de refroidissement *changer la composition du mélange *éviter l'ajout de fromage en crème ou en crème

## II. 7. Contrôle de la qualité

### a. Matières premières

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication, ils portent sur plusieurs aspects (**Roustel et Boutonnier, 2008**) :

- **Physico-chimique** : pH, extrait sec et matière grasse. Il est également souhaitable de réaliser une analyse de la teneur en caséine relative, notamment pour les fromages affinés (pourcentage d'azote précipité par l'alun potassique) et de vérifier l'absence de contaminants ;
- **Organoleptique** : Aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur ;

- **Bactériologique** : Estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés.

### b. En cours de fabrication

Aux principales étapes du procédé de fonte, plusieurs paramètres doivent être suivis et maîtrisés (**Boutonnier, 2008**) :

- **Préparation, dosage** : Respect des proportions des ingrédients par contrôle des masses des ingrédients respectifs ;
- **Pré mélange, mélange** : Homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si possible de la teneur en matière grasse.
- **Cuisson, fonte** : Temps et température de fonte, vitesse de brassage.
- **Stabilisation thermique** : Temps et température de pasteurisation ou de stérilisation, temps et température de refroidissement.
- **Crémage** : Temps, température et intensité du brassage, qualité et quantité de préfonte ajoutée.
- **Conditionnement** : Température de conditionnement, absence de fils de fromage, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du bande rolage.
- **Refroidissement** : Temps et température.

### c. Produits finis

- **Présentation** du fromage fondu emballé (contrôle général).
- **Emballage** : aspect, étanchéité.
- **Produit débarrassé de son emballage** : — aspect externe : brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules infondues, d'exsudation grasse... ; — texture : consistance par analyse pénétrométrique, tartinabilité ; — flaveur : olfaction, rétro-olfaction et gustation.
- **Tests de fonctionnalité** : stabilité à la chaleur, aptitude à la refonte dans différentes conditions (four à air chaud, four à micro-ondes...). Cette liste n'est pas exhaustive, seuls les principaux contrôles qualitatifs ont été mentionnés. D'autres contrôles sont pratiqués, notamment ceux spécifiques à chaque type de fromage fondu ainsi que tous les contrôles quantitatifs (**Boutonnier, 2008**).

# **PARTIE EXPERIMENTALE**

### III. 1. Lieu de travail

Pour atteindre notre objectif, nous avons effectué un stage pratique d'une durée deux mois au de l'unité de la fromagerie Walid dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

#### a. Présentation de l'unité industrielle

Walid est la société leader dans la production et la distribution de fromage fondu dans l'Est algérien. C'est une entreprise intégrée à l'échelle nationale.

Beshari Compagnie a été fondée en 2002 par Mr Beshari Mustafa et ses enfants et au début de son activité, il avait 5 travailleurs et a produit 3 boîtes de fromage différentes (300g, 800g, 2kg) Malgré le manque de capacités et les difficultés auxquelles l'entreprise a fait face au départ, cela ne l'a pas empêchée d'aller de l'avant, et la marque de Walid est devenue un nom synonyme de qualité parmi les consommateurs dans divers États du pays

Le succès repose sur une gamme de facteurs représentés dans :

- Groupe de travail dédié de 120 travailleurs (80 permanents et 40 temporaires)
- Produit actuellement 17 différents types de boîtes de conserve
- 4 boites : (270 g, 500 g, 700 g, 1400 g)
- 2 boite: (250 g, 500 g, 1 kg)
- Seau : 2kg, 2,4 kg, 4 kg
- Climatisation : Cheddar, Masdam, Edam, Gouda
- 2 types de fromage à pizza

Fromagerie Walid s'efforce toujours d'atteindre un plus haut niveau de satisfaction des consommateurs

### III. 2. Protocol expérimentale

#### III. 2. 1. Matériel et réactifs utilisés

Tout le matériel et les produits utilisés au cours de ce travail sont cités dans l'**annexe 1**.

### III. 2. 2. Échantillonnage

Au cours de notre étude expérimentale, les méthodes d'échantillonnage ainsi que les protocoles d'analyses physico-chimique et microbiologique utilisés, ont été tirés à partir des fiches techniques au niveau de Fromagerie Walid. Dans les différents tests physico-chimique et microbiologique, nous avons pris 5 unités d'échantillonnage pour chaque produit analysé.

Le prélèvement du fromage fondu se fait dans des conditions aseptiques et de manière aléatoire, à partir de 3 blocs. Cela se fait au sein de l'atelier de fabrication du fromage, selon les étapes suivantes :

- Désinfecter la surface au niveau de la zone de prélèvement avec une flamme ;
- Enfoncez une sonde stérile dans le produit à proximité de la flamme ;
- Retirer la sonde et déposer l'échantillon dans un flacon stérile à l'aide d'un couteau stérile et toujours à proximité de la flamme.

### III. 2. 3 .Analyses physico-chimiques

Les différentes analyses physicochimiques effectuées pour les échantillons étaient :

#### III. 2. 3. 1.Mesure du Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH a été mesuré par immersion directe de l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné dans un bécher contenant du fromage à 25°C (AFNOR, 2009).

#### III. 2. 3. 2. Détermination de taux d'humidité

C'est la teneur en eau. L'humidité de la poudre de lait peut être directement calculée à partir de la teneur en matière sèche selon la formule suivante (Kern, 2014) :

**H= 100-MS**

**H** : Teneur en humidité

**MS** : Teneur en matière sèche

#### III. 2. 3. 3. Détermination de taux de l'Extrait Sec Total (EST)

Selon Croguenec *et al.*(2008), l'extrait sec total ou matière sèche est l'ensemble de toutes les substances (matières organique et inorganique) qui, dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas. Il s'agit du produit résultant de la déshydratation (élimination de l'eau) d'un composé solide ou liquide.

### **a. Principe**

Cela consiste à faire évaporer l'eau d'une prise d'essai afin de déterminer par la pesée, la quantité de matière sèche restante après dessiccation totale de la prise d'essai. Elle est habituellement indiquée en pourcentage de masse (**Amarglios, 1986**).

### **b. Mode opératoire**

On règle la température du dessiccateur à 102 °C puis, on pèse 3 g du fromage et on l'étale uniformément sur une coupelle déjà tarée. On ferme le dessiccateur et on le met en marche pendant 20 min. Les résultats sont exprimés en % (**Hunga et al., 2019**).

## **III. 2. 3. 4. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido butyrométrique de Van Gulik**

### **a. Principe**

Après la dissolution des protéines du fromage par l'addition de l'acide sulfurique, il se produit une séparation de la matière grasse par centrifugation dans le butyromètre. Cette séparation est favorisée par l'ajout d'une petite quantité d'alcool iso-amylique (**J.O.R.A, 2014**).

### **b. Mode opératoire**

Dans un système de pesage adapté à un bouchon approprié, on pèse 3 g du fromage puis on ferme le col du butyromètre de Van Gulik. On ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce que la prise d'essai soit immergée. On met l'ensemble dans un bain marie à 80°C pendant 5 minutes. On retire et on agite pendant 10 secondes. On répète l'opération de chauffage et d'agitation jusqu'à la dissolution totale du fromage et on retire l'ensemble du bain marie. Après avoir additionné 1 ml d'alcool iso-amylique, on ajuste le volume avec l'acide sulfurique jusqu'au repère de l'échelle du butyromètre. On agite puis on procède à une centrifugation (1500 tours/min) pendant 10 minutes. La teneur en matière grasse de l'échantillon est exprimée en pourcentage de masse en g pour 100 g de fromage.

## **III. 2. 3. 5. Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total**

Le rapport (MG/EST) est un paramètre important notamment dans l'étape de la fonte, car ils conditionnent en grande partie la texture du produit fini, plus le rapport MG/EST est élevé plus la pâte est crémeuse. Cependant, l'augmentation de la teneur en humidité du fromage fondu

à tartiner permet de réduire la teneur en matières grasses sans altérer le pouvoir lubrifiant et la texture « crémeuse » qui proviennent de la matière grasse (Adoui *et al.*, 2020).

### III. 2. 4. Analyses microbiologiques

#### III. 2. 4. 1. Préparation des dilutions

La préparation des dilutions est réalisée comme suit:

- Introduire aseptiquement 10 g du fromage fondu dans un flacon contenant 90 ml de tampon sel-eau (TSE) et bien homogénéiser ce mélange, pour obtenir une suspension mère qui correspond à la dilution  $10^{-1}$ .
- A partir de la suspension mère, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur, un volume de 1 ml, qu'on introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation, on obtient la dilution  $10^{-2}$ . De la même façon on obtient la dilution  $10^{-3}$ .

#### III. 2. 4. 2. Recherche des *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est un germe sensible à la température et l'acidité du milieu, mais tolère des concentrations élevées en NaCl. Ces bactéries peuvent être différenciées par la dégradation du mannitol sur milieu Chapman. La présence des *Staphylococcus* dans les denrées alimentaires est un indice de contamination humaine, et sa recherche est faite en deux étapes essentielles : l'enrichissement et l'isolement (Joffin et Joffin, 2003).

- L'enrichissement qui consiste à introduire 1 ml des solutions mères dans des tubes contenant 9 ml de bouillon Giolitti-Cantoni additionné de tellurite de potassium, et les incubés à 37°C pendant 24 h.
- L'isolement qui est réalisé à partir des tubes positifs de l'étape précédente. Un ensemencement par stries est effectué sur milieu Chapman et les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 h. Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont de taille moyenne, lisses, brillantes et ont une couleur jaune-doré indiquant la fermentation du mannitol par la bactérie.

### III. 2. 4. 3. Recherche des *salmonelles*

Du fait de leur rareté et de l'endommagement des cellules, la recherche des salmonelles nécessite une prise d'essai pour la revivification et la multiplication qui se fait en trois étapes (J.O.R.A, 2005) :

- Un pré-enrichissement qui consiste à mélanger 1 ml des solutions mères avec 9 ml de SBF, puis les incuber à 37°C pendant 18 à 24 h.
- Un enrichissement, qui lui-même est divisé en deux, l'enrichissement non-sélectif et sélectif :
  - ✓ L'enrichissement non-sélectif est réalisé à partir du pré-enrichissement (milieu après incubation). 1 ml du milieu est prélevé et introduit dans un tube contenant 9 ml de SFB. L'incubation est faite à 37°C pendant 24 à 48 h.
  - ✓ L'enrichissement sélectif est réalisé par l'ensemencement en profondeur. 1 ml de l'échantillon précédent est mélangé avec le milieu gélosé HEKTÖEN et incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.
- La troisième étape est l'isolement, elle consiste à étaler les colonies obtenues sur milieu SS dans des boîtes de Pétri contenant le milieu Hektöen, et les incuber à 37°C pendant 24 h. La technique d'ensemencement utilisée est celle des stries. Les salmonelles se présentent sous forme de colonies roses-rouges sur milieu (fermentation du lactose), et sous forme de colonies grises-bleues à centre noir sur milieu Hektöen.

### III. 2. 4. 4. Recherche d'*E. Coli*

*E. coli* est une bactérie naturellement présente dans le tube digestif de l'homme, mais elle indique une contamination fécale et des conditions hygiéniques déplorable lorsqu'elle est trouvée dans les produits alimentaires. Les colonies obtenues sur milieu le milieu gélose VBRG après incubation à 44°C pendant 24h à 48h (ALP, 2019).

# **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

#### IV. 1. Les analyses physico-chimiques du fromage fondu

La maîtrise de la mise en place des analyses de contrôles, est nécessaire afin de garantir une stabilité de la qualité du produit final. Le fromage fondu a fait l'objet d'analyses physico-chimiques. Les paramètres étudiés sont le pH, l'humidité, l'extrait sec total, et la teneur en matière grasse. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le **tableau V**.

**Tableau IV:** Les résultats des analyses physico-chimiques du fromage fondu pour les 03 semaines.

Paramètres	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3
Ph	5,68 ± 0,04	5,61 ± 0,005	5,70± 0,03
Taux d'humidité (%)	67,26 ± 0,11	33,50 ± 0,65	33,50 ± 0,26
EST (%)	32,35 ± 0,26	66,50 ± 0,65	66,50 ± 0,26
MG (%)	11,50 ± 0,00	11,50 ± 0,00	11,00 ± 0,00
MG/EST (%)	35,55 ± 0,3	32,87 ± 2,13	32,83 ± 0,25

##### IV. 1. 1. Mesure du potentiel hydrogène (pH)

D'après le **tableau V**, le pH du fromage fondu a été compris entre 5,61 et 5,7 ce qui répond aux exigences de la norme **J.O.R.A de 1998**, dont le pH exigé est compris entre 5,65 et 5,85.

##### IV. 1. 2. Détermination de la teneur en humidité

Le taux d'humidité a été compris entre 67,26 et 66,5%, ces valeurs sont conformes aux normes rapportées par **J.O.R.A de 1998**.

##### IV. 1. 3. Détermination de taux de l'EST

Le taux de l'extrait sec total du fromage a été compris entre 32,35 et 35,00 % a été enregistré. Les résultats obtenus répondent à la norme rapportée par **J.O.R.A de 1998**, qui exige un taux d'extrait sec total de 40,00 %.

### IV. 1. 4. Détermination de la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse du fromage, déterminée par la méthode “Gerber”, est présentée dans **tableau V**, a été comprise entre 11,00 et 11,5 %. La teneur en matière grasse du fromage fondu se concorde avec la norme rapportée par **J.O.R.A de 1998**, qui exige une teneur en matière grasse du fromage de 16,00%. Ces résultats sont été, probablement, dû à la bonne standardisation de la matière grasse.

### IV. 1. 5. Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total

D'après le **tableau V**, la MG sur l'EST a été comprise entre 32,83 et 35,55 %. La variation de ces valeurs par rapport à celles rapportées par **J.O.R.A de 1998**, qui exige une teneur de 46,00 % est expliqué par l'effet de chaleur de dessiccateur sur le produit fini.

## IV. 2. Les analyses microbiologiques du fromage fondu

Les microorganismes généralement recherchés sont des indicateurs de manque d'hygiène ou de mauvaise qualité de la matière première. Ces analyses microbiologiques permettent de vérifier si le produit ne présente aucun risque pour la santé du consommateur (**Tableau VI**).

### IV. 2. 1. *Staphylococcus aureus*

Sur le plan sanitaire, la présence des *staphylocoques* à coagulasse positive, représente un risque d'intoxication alimentaire suite à l'ingestion d'entérotoxines thermostables. L'espèce *Staphylococcus aureus* n'est pas en elle-même dangereuse mais plutôt les toxines qu'elle secrète qui représentent un risque pour la vie de consommateur. Les *staphylocoques* présents dans le lait cru ont pour origine soit les mamelles des vaches, soit le matériel mal nettoyé et utilisé lors de la traite. Les résultats des analyses montrent une absence totale de ces germes dans les échantillons du fromage fondu, ce qui est conforme avec les normes exigées par **J.O.R.A 2017**.

### IV. 2. 2. Les *Salmonelles*

Les *salmonelles* sont le premier facteur de signalement de contamination du fromage (**David, 2009**). Les résultats des analyses montrent que les échantillons testés sont exempts de ce groupe bactérien pathogène. Ils témoignent donc de la bonne qualité hygiénique et microbiologique du fromage fondu. Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par **J.O.R.A 2017**.

#### IV. 2. 3. *E. coli*

La présence d'*E. coli* dans le produit fini est un indicateur de contamination fécale et de manque d'hygiène, ce qui peut provoquer des intoxications alimentaires (**Fanny, 2011**). Donc la recherche d'*E. coli* dans le produit fini est un critère important, permettant de vérifier que celui-ci est fabriqué et stocké dans de conditions hygiéniques rigoureuses. Tous échantillons testés étaient exempts de cette bactérie. Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par **J.O.R.A 2017**.

**Tableau V:** Les résultats des analyses microbiologiques du fromage fondu.

Microorganisme	E1	E2	E3	E4	E5
<i>S. aureus</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>E. coli</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>Salmonelles</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

# **CONCLUSION**

Le fromage fondu demeure le principal produit issu de la seconde transformation du lait. Connu comme aliment de valeur nutritionnelle non négligeable et comme source de plaisir gustatif, des études scientifiques confirment de plus en plus, que c'est un excellent produit alimentaire.

Du fait de son importance alimentaire et économique, on s'est intéressé dans cette étude à l'évaluation de la stabilité du fromage fondu fabriqué au niveau de la fromagerie Walid. Les résultats que nous avons obtenus permettent d'avancer les déductions suivantes :

Sur le plan physicochimique : Les résultats sont conformes aux normes pour les matières premières.

Sur le plan microbiologique : On a observé l'absence des microorganismes pathogènes concernant le fromage fondu ; cela révèle la salubrité du fromage fondu et sa stabilité du point de vue microbiologique.

D'après les résultats observés durant notre étude, on peut conclure que le fromage fondu présente une très bonne stabilité et qualité hygiénique pendant une longue période et est sans danger pour le consommateur même.

# **REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### A

Adoui, F., Boudefa, M., Bougiemra, B. & Boughellout, H. (2020), Formulation de préparation fromagères à tartiner à base de cheddar et d'emmental, Revue de l'INATAA.

AFNOR. (2009), Lait et produits laitiers - Détermination du pH. France.

Alp, F. (2019). Critères microbiologiques pour la fabrication du fromage. Suisse, Département fédéral de l'économie DFE, station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

Amargilios. (1986). Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physico-chimiques. Édition AFNOR, Lavoisier. 3ème édition, Paris.

### B

Benamar et Boudjemaa. (2017). *Bacillus cereus* isolée de fromages fondus fabriqués en Algérie. Identification et caractérisation de spores. Algérie.

Berger, N., Klostermeyer, H., Merkenich, K., & Uhlman, G. (1989). La fabrication du fromage fondu, Edition BK Ladenburg, Allemagne

Berger, W. (1985). Les sels de fer; propriétés et emploi. 1-10

Boutonnier, J-L. (2002). Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'ingénieur, F6310.

Boutonnier, J.-l. (2008). fabrication du fromage fondu. Poligny.

Brahimi, Massinissa, Kahil, & Abdeslam. (2016). Etude de la stabilité d'un fromage fondu au cours du stockage réfrigéré au 5 niveau de la laiterie-fromagerie de Boudouaoua. Algérie.

### C

Cavalcante, A. B. (1995). Influence des facteurs de composition sur les propriétés texturales de type queijão. Lorraine, France.

Codex standard 283. (2011). Codex Alimentarius - Lait et produits laitiers. Deuxième édition. FAO, Rome. P80.

### D

David, J. (2009). Attribution des cas de salmonelloses humaines aux différentes filières de production animale en France. Adaptabilité et robustesse du modèle bayésien d'attribution par typage microbiologique. Rennes.

Décret n°628. (2007). Relatif aux fromages et spécialités fromagères. France.

### F

Fanny, S. (2011). Optimisation du protocole de recherche des *Escherichia coli* producteurs de Shigatoxines (STEC) dans les aliments. Bourgogne, France.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture ,Rome.

Fournier, A. (2007). La Vache. Edition Artémis e. Paris.

Fox, P. (1999). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 2: Major Cheese Groups. Ireland.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., &McSweeney, P. L. (2017). Processed cheese and substitute /imitation cheese products. Dans Fundamentals of cheese science 2ed (p. 598). New york: Springer.

Fox, P. F., Timothy, M. C., McSweeney, P. L., &Timothy, P. G. (2000). Fundamentals of cheese science .Gaithersburg: Aspen Publication.P7.

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique,Tech et Doc, Lavoisier.Paris

### G

Goldschmidt, B., Lecomte, M., &Chambre, M. (2004). Minéraux et fromage fondu. Research gate .

### H

Hui, Y. H., &Sherkat, F. (2005). processed cheese. Dans Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set. Taylor and francis.

Hutkins, R. W. (2018). Microbiology and technology of fermented foods. 2ème édition. Blackwell publishing,USA.

### J

Journal officiel de la république algérienne .( 1998)

JOFFIN, C., &JOFFIN, 1.-N. (2003). Microbiologie alimentaire Biologie et Technique. CRDP Aquitaine. Bordeaux.

### K

Kanawjia, K., &Khetra, Y. (2016). Cheese Technologie.

Kern, &GmbH, S. (2014). Manuel d'application dessiccateur .

### L

Lambert, J. (1988). La transformation laitiere au niveau villageois. FAO ,Rome,P55.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### M

- Magali, P.** (2012). La transformation fromagère fermière. Dans P. MAGALI, LA TRANSFORMATION FROMAGÈRE CAPRINE FERMIÈRE Lavoisier. Paris. (pp. 167-169).
- Mahaut, m., Romain, J., & Gérard, B.** (2000). Initiation a la technologie fromagère. Tec et Doc,Lavoisier.Paris.
- MAJDI, A.** (2009). Séminaire sur les fromages AOP et IGP.INT-Ingenieur agronomie .
- McSweeney, P. L.** (2007). Principal families of cheese,. Dans dans Cheese problems solved ,Elsevier Science. Burlington. P181.
- Miloslav, K., & Carić, M.** (1987). Processed cheese product.
- Ministère du commerce .** (2005). Arrêté du 13 Dhou El Hidja 1425 correspondant au 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers. Journal officiel de la république algérienne. N°42 du 8 Joumada El Oula 1426/15 juin 2005,P 8.
- Ministère du commerce.** (2014). Arrêté du 14 Safar 1435 correspondant au 17 décembre rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière grasse dans le fromage. Journal officiel de la république algérienne, n°67 du 19 moharram 1436/12 novembre 2014 ,P 22.

### R

- Ramet, J.** (1993). La Technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromedarius). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.
- Richonnet, C.** (2015). Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus,. Paris, France.
- Rohit, K., & Llyod, E.** (2008). Process Cheese: Scientific and Technological Aspects. IFT , P203.
- Romain, J., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G.** (2008). les produits laitiers 2eme édition. Tec & Doc,Lavoisier. Paris.
- Roustel, S., & Boutinier.** (2008). Fromage fondu physico-chimie du processus de fonte.

### S

- Sicard , M.** (2010). Methodes concepts et outils des systemes complexes pour maitriser les procedes alimentaires application a l'affinage de camembert ,agroParisTech.paris.

### V

- Vuilleumard .**(2018). Les fromages Québec presses ,Université Laval.

### Z

- Zeller ,B.**(2005).Les fromages de chèvre ;spécificités technologiques et économiques.université Paul-Sabatier.Toulouse.

# **Annexes**

## Annexe 1 : Matériel et réactifs utilisés

Appareillage	Produit chimique	verreries	Milieux de culture
-Bain marie(Memmert)	-Eau distillé	-Pipette pasteur	-Chapman
		-Micro pipette	-Gélose VRBG
- Dessiccateur(RADWAG 110. R)	-Acide sulfurique	-Pipette graduée avec une pompe à crémaillère	-Hektöen Gel
	-Alcool amylique iso-	-Éprouvette graduée	-SFB
-Centrifugeuse (Gerber)	-TSE	-Bécher	-Milieu SS
	-Tellurite de potassium	-Spatule	- Bouillon Giolitti-Cantoni
-pH mètre (HANNA instruments HI 8424)		-Tube à essai	
		-Boite pétri	
-Balance			
-Assiettes en aluminium			
-Butyromètres (VAN GULIK)			
-Réfrigérateur			
-Compteur colonies			
-Microscope optique			
-Étuve			
-Bec benzen			
-Four			