

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة محمد الصادق بن يحيى  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
المكتبية  
رقم الجرد : 1554



09.09/09

Université de JIJEL  
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de L'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat  
En Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

Qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique  
des fromages fondus

Membres de jury :

Président : M<sup>lle</sup> Akroum S.

Examinatrice : M<sup>me</sup> Azzouz W.

Encadreur : Mr Boudjarda D.

Réalisé Par :

Laribi Somia

Lefouili Nassima

Messahel Wafia



Promotion 2009

## Liste des abréviations:

**C°:** Degré celsius  
**CT:** Coliformes totaux  
**CTT:** Coliformes thermo tolérants  
**D°:** Degré Dornic  
**D/C:** Double concentration  
**ESD:** Extrait sec dégraissé  
**FTM:** Flore totale mésophile  
**g:** Gramme  
**G/S:** Rapport gras/sec  
**h:** Heure  
**H:** Humidité  
**KJ:** Kilo Joule  
**L:** Litre  
**min:** Minute  
**mg:** Milligramme  
**mm :** Millimètre  
**Mm:** Micromètre  
**nm:** Nanomètre  
**MS:** Matière sèche  
**MM:** Matière minérale  
**MO:** Matière organique  
**MG:** Matière grasse  
**N:** Normal  
**OGA:** Oxytétracycline,glucosé,gélosé  
**PCA:** Plate count agar  
**pH:** Potentiel hydrogène  
**tr/min:** Tour par minute  
**T°:** Température  
**VF:** Viande foie  
**VRBG:** Violet red bile lactose  
**VRBL:** Violet red bile glucose

## Liste des tableaux:

<b>Tab. N°1:</b> Composition lipidique du lait.....	02
<b>Tab. N°2:</b> Composition moyenne du lait de différentes espèces animales .....	04
<b>Tab. N°3:</b> Comparaison des caractéristiques des différents gels de fromage.....	12
<b>Tab. N°4:</b> Composition moyenne du fromage fondu.....	17
<b>Tab. N°5:</b> Défauts de fabrication du fromage fondu au moment de la fabrication.....	25
<b>Tab. N°6:</b> Défauts de fabrication du fromage fondu au cours du stockage .....	26
<b>Tab. N°7 :</b> Gamme des échantillons de fromages fondu analysés .....	29
<b>Tab. N°8:</b> Evaluation du pH des fromages .....	41
<b>Tab. N°9:</b> Evaluation de l'acidité Dornic des fromages .....	42
<b>Tab. N°10:</b> Evaluation de la teneur en matière sèche .....	44
<b>Tab. N°11:</b> Evaluation du taux d'humidité .....	46
<b>Tab. N°12:</b> Evaluation de la teneur en matière minérale .....	47
<b>Tab. N°13:</b> Evaluation de la teneur en matière organique .....	48
<b>Tab. N°14 :</b> Evaluation de la teneur en matière protéique.....	50
<b>Tab. N°15 :</b> Evaluation de teneur en matière grasse.....	51
<b>Tab. N°16 :</b> Evaluation de la teneur en extrait sec dégraissé.....	53
<b>Tab. N°17 :</b> Evaluation du rapport G/S.....	54
<b>Tab. N°18 :</b> Evaluation du nombre de la flore totale mésophile.....	56
<b>Tab. N°19 :</b> Evaluation du nombre des CT et CTT .....	57
<b>Tab. N°20 :</b> Evaluation du nombre de <i>Clostridium</i> .....	58
<b>Tab. N°21 :</b> Résultats de l'identification des souches de staphylocoques .....	60
<b>Tab. N°22 :</b> Evaluation du nombre de levures et moisissures .....	61
<b>Tab. N°23 :</b> Distribution des notes du contrôle organoleptique .....	63

## Liste des figures

<b>Fig.1.</b> La diversité des fabrications fromagères.....	15
<b>Fig.2.</b> La peptisation .....	21
<b>Fig.3.</b> Schéma représentatif de la fabrication des fromages fondus .....	24
<b>Fig.4.</b> Variation du pH selon les variétés de fromages fondus .....	41
<b>Fig.5.</b> Variation de l'acidité titrable selon les variétés de fromage fondu.....	42
<b>Fig.6.</b> Variation de la matière sèche selon les variétés de fromage fondu .....	44
<b>Fig.7.</b> Variation du taux d'humidité selon les variétés de fromage fondu .....	46
<b>Fig.8.</b> Variation de la matière minérale selon les variétés de fromage fondu .....	48
<b>Fig.9.</b> Variation de la matière organique selon les variétés de fromage fondu .....	49
<b>Fig.10.</b> Variation de la matière protéique selon les variétés de fromage fondu .....	50
<b>Fig.11.</b> Variation de la matière grasse selon les variétés de fromage fondu .....	52
<b>Fig.12.</b> Variation de l'extrait sec dégraissé selon les variétés de fromage fondu .....	53
<b>Fig.13.</b> Variation du rapport gras / sec selon les variétés de fromage fondu .....	55
<b>Fig.14.</b> Variation du niveau de contamination moyen par la flore totale aérobie mésophile des échantillons du fromage fondu.....	56
<b>Fig.15.</b> Variation du niveau de contamination moyen par les levures et moisissures des échantillons du fromage fondu.....	62
<b>Fig.16.</b> Variation des notes globales moyennes selon les variétés de fromage fondu..	63

## Sommaire :

<b>Introduction</b> .....	01
---------------------------	----

### Synthèse bibliographique

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

<b>I-1- Le lait</b> .....	02
I-1-1- Définition du lait.....	02
I-1-2- Composition du lait .....	02
I-1-2-1- Eau.....	02
I-1-2-2- Matière grasse .....	02
I-1-2-3- Matière azotée .....	02
I-1-2-4- Glucides.....	03
I-1-2-5- Matière minérale .....	03
I-1-2-6- Biocatalyseurs .....	03
I-1-2-7- Autres constituants .....	04
I-1-3- Facteurs influençant la composition du lait.....	04
I-1-3-1- Facteurs intrinsèques .....	04
I-1-3-2- Facteurs extrinsèques .....	05
I-1-4- Valeur nutritionnelle du lait.....	06
I-1-5- Caractères organoleptiques du lait et leur altération .....	06
I-1-5-1- Altérations organoleptiques provoquées par des plantes .....	06
I-1-5-2- Altérations organoleptiques provoquées par des aliments mal conservés ...	06
I-1-6- Propriétés physicochimiques du lait.....	07
I-1-6-1- pH .....	07
I-1-6-2- Acidité .....	07
I-1-6-3- Masse volumique.....	07
I-1-6-4- Densité.....	07
I-1-6-5- Point d'ébullition.....	07
I-1-6-5- Point de congélation .....	07
I-1-7- Microbiologie du lait .....	08
I-1-7-1- Microflore du lait .....	08
I-1-7-2- Action de la flore du lait.....	09
<b>I-2-Fromage</b> .....	<b>10</b>
I-2-1- Définition.....	10
I-2-2- Technologie des fromages.....	10
I-2-2-1- Standardisation du lait.....	11
I-2-2-2- Coagulation .....	11
I-2-2-3- Egouttage.....	12
I-2-2-4- Salage .....	12
I-2-2-5- Affinage.....	13
I-2-2-6- Conditionnement et conservation des fromage.....	14
I-2-3- Classification des fromages .....	14

## Chapitre II: Le fromage fondu

II-1- Généralités sur les fromages fondus .....	16
II-1-1- Historique .....	16
II-1-2- Définition.....	16
II-1-3- Valeur nutritionnelle .....	16
II-1-4- Composition du fromage fondu.....	17
II-1-5- Différents types de fromage fondu.....	17
II-2- Matières premières .....	18
II-2-1- Fromages naturels .....	18
II-2-2- Poudre de lait.....	18
II-2-3- Sels de fonte .....	18
II-2-4- Préfonte .....	19
II-2-5- Addition des produits laitiers .....	19
II-2-6- Addition des produits non laitiers .....	19
II-3- Fabrication du fromage fondu .....	19
II-3-1- Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....	19
II-3-2- Préparation de la matière première.....	20
II-3-3- Préparation de la formule .....	20
II-3-4- Cuisson .....	20
II-3-5- Homogénéisation.....	22
II-3-6- Conditionnement .....	22
II-3-7- Refroidissement.....	22
II-3-8- Stockage du produit.....	23
II-4- Défauts de fabrication du fromage fondu .....	25
II-5- Contrôle de qualité.....	26
II-6- Analyse sensorielle du fromage fondu .....	26

### Etude expérimentale:

#### I- Matériels et méthodes

I-1- Matériels.....	28
I-1-1- Matériel biologique.....	28
I-1-2- Milieux de culture.....	30
I-1-3- Produits chimiques et réactifs.....	30
I-1-4- Appareillages et matériels .....	31
I-2- Méthodes .....	31
I-2-1- Zone d'étude .....	31
I-2-2- Echantillonnage .....	31
I-2-3- Contrôle physicochimique.....	32
I-2-3-1- Mesure du pH et détermination de l'acidité .....	32
I-2-3-2- Détermination de la teneur en matière sèche .....	32
I-2-3-3- Détermination du taux d'humidité.....	32
I-2-3-4- Détermination de la teneur en matière minérale .....	33
I-2-3-5- Détermination de la teneur en matière organique .....	33
I-2-3-6- Détermination de la teneur en matière azotée .....	33
I-2-3-7- Détermination de la teneur en matière grasse .....	34
I-2-3-8- Rapport gras/sec .....	34
I-2-3-9- Détermination de l'extrait sec dégraissé.....	35

I-2-4- Contrôle microbiologique.....	35
I-2-4-1- Préparation de la solution mère et des dilutions décimales .....	35
I-2-4-2- Recherche et dénombrement des flores.....	36
a- Dénombrement de la flore total mésophile FTM.....	36
b- Dénombrement des coliformes totaux .....	36
c- Dénombrement des coliformes thermotolérants .....	36
d- Dénombrement des levures et moisissures .....	36
e- Recherche et dénombrement des Staphylocoques .....	36
f- Recherche et dénombrement des Salmonelles .....	37
j- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	37
h- Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito-réducteur .....	38
i- Purification et identification des Staphylocoques.....	38
I-2-5- Contrôle organoleptique.....	39

## II- Résultats et discussion

II- Résultats et discussion .....	40
II-1- Résultats du contrôle physicochimique .....	40
II-1-1- Résultats de la mesure du pH.....	40
II-1-2- Résultats de la mesure de l'acidité.....	41
II-1-3- Résultats de la détermination de la matière sèche, l'humidité, matière minérale, matière organique et matière protéique .....	43
II-1-3-1- Résultats de la teneur en matière sèche .....	43
II-1-3-2- Résultats du taux d'humidité.....	44
II-1-3-3- Résultats de teneur en matière minérale .....	46
II-1-3-4- Résultats de teneur en matière organique .....	48
II-1-3-5- Résultats de teneur en matière protéique .....	49
II-1-4- Résultats de la détermination de la teneur en matière grasse, extrait sec dégraissé et le rapport gras / sec .....	50
II-1-4-1- Résultats de la teneur en matière grasse .....	50
II-1-4-2- Résultats de la teneur en extrait sec dégraissé .....	52
II-1-4-3- Résultats du rapport gras / sec .....	53
II-2- Résultats du contrôle microbiologique .....	55
II-2-1- Résultats de la recherche et dénombrement des flores .....	55
II-2-1-1- Résultats du dénombrement de la flore totale mésophile .....	55
II-2-1-2- Résultats du dénombrement des CT et CTT.....	56
II-2-1-3- Résultats du dénombrement des <i>Clostridium</i> .....	58
II-2-1-4- Résultats de la recherche des Streptocoques fécaux.....	59
II-2-1-5- Résultats de la recherche de <i>Salmonella</i> .....	59
II-2-1-6- Résultats de la recherche et l'identification des <i>Staphylococcus</i> ....	59
II-2-1-7- Résultats de la recherche et dénombrement de levures et moisissures .....	60
II-3- Résultats du contrôle organoleptique .....	62
<b>Conclusion</b> .....	65

## Références bibliographiques.

## Annexe.

# INTRODUCTION

**Introduction:**

Le lait par ces grandes qualités nutritionnelles a toujours été considéré comme aliment irremplaçable, mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité (**Mahaut et al ., 2002; Fredot,2006**).

L'irrégularité de la production, par son caractère saisonnier et sa grande fragilité a incité les producteurs à rechercher des formes de conservation des éléments essentiels du lait, c'est dans ce contexte que sont apparues il y a plusieurs millénaires les premières transformations fromagères (**Mahaut et al ., 2002**).

Dans notre pays, la fabrication de fromage fondu est maintenant une industrie florissante, en matière de goût, de qualité, de texture et de composition en vaste gamme de fromage fondu. Ceci nous a amené a nous intéresser à la qualité de quelque variétés de fromages fondu les plus disponibles sur le marché locale d'autant plus qu'il s'agit d'un produit de large consommation et sur lequel, on ne possède de que très peu de connaissance.

A cet optique, l'étude qui suit va mettre le point sur les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques de ces fromages et ceci en se basant sur deux parties principales, l'une bibliographique qui porte sur des généralités sur le lait, les produits laitiers et le fromage fondu. L'autre partie est pratique et englobe le contrôle de la qualité microbiologique, physicochimique, et organoleptique de ces variétés des fromages fondus.

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I:  
LE LAIT ET LE FROMAGE

**I- 1- Le lait:****I-1-1- Définition du lait :**

« Le lait est 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 pas contenir de colostrum ».

Telle est la définition adaptée par le premier congrès international pour la répression des fraudes tenue à GENEVE en 1908 (Veisseyre ,1979).

**I-1-2- La composition du lait :**

Le lait est un aliment extrêmement complexe, il contient des richesses nutritionnelles particulières. La composition moyenne du lait est la suivante : 87 % d'eau, environ 3.5 % des protides, de 3.5 % à 4 % de lipides, et environ 5 % de glucides (lactose) (Bouvenot et al., 1994).

**I-1-2-1- Eau :**

L'eau est l'élément quantitativement le plus important. Elle représente environ la 9/10 du lait. Il contient environ 902 g/l. En elle; sont dispersés tous les autres constituants du lait; tout ceux de sa matière sèche (Veisseyre, 1979; Mathieu, 1998).

**I-1-2-2- Matière grasse :**

Les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de  $\beta$ -carotène (Amiot et al., 2002).

**Tableau n°01 : composition lipidique du lait (Amiot et al .,2002)**

Constituants	Proportion de lipides du lait %
Triglycérides	98
Phospholipides	1
Fraction insaponifiable	1

**I-1-2-3- Matière Azotée :**

La fraction essentielle est protéique, représente 95 % de l'azote total du lait, et les 5% restant de l'azote sont non protéiques (Goursaud, 1985).

On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait ; les caséines et les protéines du lactosérum (albumine, globuline) (pougheon et al.,2006).

**❖ Caséines :**

Les caséines forment près de 80% de toutes les protéines présentes dans le lait, leur point isoélectrique moyen est de 4.65. Ils se regroupent sous forme sphérique appelée micelle. La taille des micelles se situe entre 100-500nm, avec un diamètre moyen près de 180nm (Amiot *et al.*, 2002).

Les micelles de caséine sont constituées de 92 % de protéines et de 8 % de minéraux. Elles sont formées par l'association des caséines ( $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ ), de quelques fragments peptidiques (caséine  $\gamma$ ) issus de la protéolyse de la caséine  $\beta$  et de composants salins dont les deux principaux sont le calcium et le phosphate (Brûlé et Lenoir, 1987; Amiot *et al.*, 2002).

**I-1-2-4- Glucides :**

Le lait contient des glucides libres dont le principal est le lactose et des glucides associés aux protéines (Jeantet *et al.*, 2007).

Le lactose est le constituant majeur de la matière sèche du lait, sa teneur s'élève, en moyenne à 50g/l de lait. Il joue un rôle important lié notamment à sa valeur nutritionnelle et à sa fermentabilité qui commande l'élaboration de divers produits laitiers (Veisseyre, 1979 ; Mahaut *et al.*, 2000).

**I-1-2-5- Matière minérale :**

Les minéraux du lait ne forment qu'une faible partie des substances sèches, mais ils sont intéressants par leur contenu en calcium (1,25g/l) et en phosphore (1g/l). La fraction minérale est très importante tant point de vue structural que nutritionnel et technologique (Alais et Linden, 2003 ; Jeantet *et al.*, 2007).

**I-1-2-6- Biocatalyseurs :**

Il existe un nombre important de constituants que l'on retrouve en quantité infime dans le lait. Ces éléments seront cependant à ne pas négliger du fait de leur activité biologique (Boudier, 1985).

**a- Les enzymes :**

Dans les conditions normales, le lait contient une grande variété d'enzyme. Il existe principalement trois groupes d'enzymes: les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases (Boudier, 1985 ; Amiot *et al.*, 2002).

**b- Les vitamines :**

Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamine. Certaines jouent un rôle de coenzymes, un litre du 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) (Veisseyre, 1979 ; Mahaut *et al.*, 2000).

On répartit les vitamines en deux classes selon leur solubilité, soit les vitamines hydrosolubles et les vitamines liposolubles (Amiot *et al.*, 2002).

**I-1-2-7- Autres constituants :**

Le lait contient aussi des anticorps, des hormones et même certaines cellules macrophages. Il contient inévitablement des micro-organismes et parfois accidentellement des antibiotiques, des antiparasitaires et même des produits phytosanitaires (Cheftel et Cheftel, 1984).

**Tableau n°2:** Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (Amiot et al., 2002).

Animaux	Eaux (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7
Jument	88,9	1,9	2,5	6,2	0,5

**I-1-3- Facteurs influençant la composition du lait:**

Il y a deux types de facteurs faisant varier la composition du lait (Decaen, 1969):

**I-1-3-1- Facteurs intrinsèques :****a- Stade de lactation:**

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite, élevées en début de lactation (période colostale). Elles chutent jusqu'à un minimum de 2<sup>ème</sup> mois de lactation, après un palier de 15 à 140 jours, les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (Charron, 1986).

**b- Facteurs génétiques :**

On observe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race.

- Races frisonnes (pied noir): elle peut produire 5175 Kg de lait par an avec un taux butyreux de 38.5 % et un taux protéique de 30.6% (Charron, 1986).
- Races montbéliardes (pied rouge): elle peut produire 5853 Kg de lait par an avec un taux butyreux de 38.5 % et un taux protéique de 30.6% (Charron, 1986).

**c- Age et nombre de vêlage :**

La quantité de lait augmente généralement du premier veau au cinquième ou sixième puis diminue sensiblement et assez vite à partir du septième (Remond, 1987)

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, cette tendance à la diminution de la richesse du lait et de la production des caséines dans les protéines serait due à un effet spécifique de l'âge et la dégradation de l'état de la mamelle (Remond, 1987)

**d- Etat sanitaire :**

Une infection de la mamelle ou de l'organisme de la vache se traduit par une baisse de la production laitière et une modification de la composition du lait (teneurs lactose faibles et des taux de chlorure et de sodium élevés) (Mathieu, 1998).

**I-1-3-2- Facteurs extrinsèques :****a- La traite :**

La multiplication des traites augmente la quantité de lait produit et sa teneur en matière grasse. Cette dernière augmente jusqu'à la fin. Il faut donc vider complètement la mamelle (Veisseyre, 1979).

**b- Alimentation:**

Deux grandes types de régimes sont envisagés: ceux d'hiver à base de fourrage conservé, ceux de printemps et d'été; accès sur le pâturage. Tout changement de régime a une influence immédiate sur la composition du lait, surtout s'il s'effectue brutalement (Mahieu, 1985).

**c- Saison et climat :****c<sub>1</sub>-Saison :**

La saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation).

Le taux butyreux passe par un minimum en Juin -Juillet et passe par un maximum à la fin de l'automne, la teneur en protéine passe par 2 minimum: un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par 2 maximum: à la mise à l'herbe et à la fin de période de pâturage (Poughean et al., 2006).

**c<sub>2</sub>- Climat :**

D'une manière générale, entre 0°C et 24°C, la production et la composition du lait varie peu, l'animal est dans une zone thermique de confort (Martino et al., 1990).

Au dessous de 27°C, la vache entre dans une zone thermique d'inconfort. Sa production laitière diminue ainsi que la teneur du lait en matière azotée, alors que le taux butyreux augmente (Martino et al., 1990).

**I-1-4- Valeur nutritionnelle du lait:**

On regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments, on le considère donc comme un aliment de forte densité nutritionnelle. Le potentiel énergétique d'un litre du lait respectivement: 2720KJ, 2090KJ, 1460KJ suivant qu'il est soit: entier, demi écrémé ou écrémé.

Il contient des protéines riches en résidus des acides aminés essentiels et des minéraux d'intérêt nutritionnel (calcium et phosphore) sous forme organique et minérale facilement assimilable par l'organisme.

Ce n'est cependant pas un aliment complet, car il est carencé en fer et acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) (Amiot et al., 2002 ; Mahaut et al., 2002).

**I-1-5- Caractères organoleptiques du lait et leur altération:**

L'odeur, la saveur et la couleur du lait subissent parfois l'influence spécifique de certaines plantes ou plus souvent les conséquences de la mauvaise conservation de tout aliment (Roger, 1997).

**I-1-5-1- Altérations organoleptiques provoquées par des plantes:**

Diverses plantes, plus ou moins conçues pour leurs propriétés odoriférantes, gustatives ou colorantes, peuvent les transmettre au lait. Plus souvent, on cite des effets défavorables des plantes suivantes :

- Les légumineuses; comme le pois; contiennent des substances amères.
- Le tournesol-fourrage; récolté trop tardivement; donne au lait une odeur et un goût de résine (Roger, 1997).

**I-1-5-2- Altérations organoleptiques provoquées par des aliments mal conservés:**

Les aliments mal conservés sont; sans doute; moins variés mais en élevages intensifs, ils présentent plus de risque que les plantes précédentes (Roger, 1997).

- Les ensilages de mauvaise qualité: sont les principaux vecteurs de saveurs désagréables dans les produits laitiers, ils comportent notamment de l'ammoniac et des amines qui risquent de transmettre leur odeur putride (Roger, 1997).
- Autres aliments altérés: les autres aliments altérés peuvent l'avoir être par le développement des moisissures dont l'odeur peut parvenir dans le lait, ce sont aussi les aliments qui contiennent des graisses oxydées conférant leur odeur de rance ou de poisson au lait (Roger, 1997).

Il importe donc de ne recourir qu'à des aliments frais; bien conservés; suffisamment délipidés ou protégés par l'adjonction d'antioxydants (Roger, 1997).

**I-1-6- Propriétés physico-chimiques du lait:****I-1-6-1- pH:**

La mesure du pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait frais normal est neutre ou à tendance légèrement acide vis-à-vis de l'eau pure (pH 7 à 20 C°) (Goursaud, 1985).

**I-1-6-2- Acidité :**

Elle est exprimée conventionnellement en degrés DORNIC (D°): 1D° correspond à 0.1g d'acide lactique par litre de lait (Goursaud, 1985).

Les laits normaux ont une acidité de 14-17D°, les laits acides coagulent au chauffage à partir de 25 D° et à température ordinaire à 70D° (Guiraud, 2003).

**I-1-6-3- Masse volumique :**

La masse volumique, le plus souvent exprimée en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température (Amiot et al., 2002).

**I-1-6-4- Densité :**

Elle est liée à la richesse du lait en matière sèche. Plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevée en matière grasse, plus sa densité sera basse (Goursaud, 1985 ; Amiot et al., 2002).

**I-1-6-5- Point d'ébullition :**

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.

Les laits normaux (colostrum, laits de mammites) ou acidifiés coagulent à l'ébullition (Amiot et al., 2002 ; Guiraud, 2003).

**I-1-6-6- Point de congélation :**

Il est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de (-0.530C°) à (-0.575C°) avec une moyenne à (-0.555C°). Sa mesure permet une approche de l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait (Goursaud, 1985; Amiot et al., 2002).

**I-1-7- Microbiologie du lait :****I-1-7-1- Microflores du lait :****a- Flores originelles ou indigènes :**

La flore indigène des produits laitiers se définit comme l'ensemble des micro-organismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis (Lamontagne et al.,2002).

Lorsqu'il s'agit d'un animal sain,le lait contient essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores:Microcoques, Streptocoques lactiques et Lactobacilles (Larpent ,1991;Hermier et al.,1992).

Lorsqu'il s'agit d'un animal malade,d'autre micro-organismes peuvent le trouver dans le lait.Il peut s'agir par exemple:d'agent de mammites :*Streptocoques pyogènes* ;(*Streptococcus*) ; Staphylocoques...

Les pathogènes pour l'homme sont également les micro-organismes suivants : *Mycobacterium tuberculosis*, *Brucella*, *Streptococcus agalactiae*, *Salmonella*, *Listeria monocytogènes*... (Fukushima et al.,1984; Guiraud ,2003).

**b-Flores de contamination :**

La flore contaminante est l'ensemble des micro-organismes transmis involontairement au lait,de la récolte jusqu'à la consommation.Elle peut se composer d'une flore d'altération et d'une flore pathogène (Lamontagne et al.,2002).

**a<sub>1</sub>-Flore d'altération :**

Elle causera des défauts sensoriels de goût,d'arôme,d'apparence ou de texture et réduira la vie de tablette du produit laitier.Les principaux genres sont:les coliformes;soit principalement les genres *Escherichia* et *Entérobacter*;les sporulés telles que *Bacillus sp* et *Clostridium sp*,et certaines levures et moisissures (Lamontagne et al.,2002).

**b<sub>2</sub>- Flore pathogène :**

Elle peut avoir trois sources :

- L'animal:Coliformes,*Bacillus sp*,*Clostridium sp* et Salmonelles.
- L'environnement:Streptomyces,bactéries sporulées et spores de champignons.
- L'homme:Staphylocoques des mains,les germe d'expectoration et de contamination fécale (Henry, 1977; Bourgeois et al., 1996).

**I-1-7-2-Action de la flore du lait :****a-Aspect sanitaire :**

Des germes pathogènes peuvent être présents dans le lait:certains sont capables de se multiplier,d'autres sont simplement transmis(dans ce dernier cas,on ne les retrouvera qu'en faible quantité)(Guiraud, 2003).

Les maladies provoquées par les germes pathogènes dans le lait sont:

- La tuberculose due aux *Mycobacterium* du lait est rare.
- Les brucelloses sont plus fréquents causées par *Brucella melitensis*.
- Fièvres typhoïdes ou paratyphoïdes causées par les *Salmonella*.
- Toxi-infections ou intoxications par les Staphylocoques (Guiraud, 2003).

**b- Aspect qualitatif :**

De nombreux micro-organismes peuvent se développer abondamment dans le lait, en entraînant par leur action des modifications de texture et de goût.Ces altérations vont dépendre des conditions de stockage du lait (aération,température) et des traitements qu'il a subis (Guiraud ,2003).

Selon Veisseyre (1979),Ces altérations sont:

- Acidification spontanée et coagulation lactique:Elle est due à la transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques et les coliformes... .
- Protéolyse ou putréfaction:Provoquée par les moisissures et les germes protéolytiques et donnent une saveur amère caractéristique.
- Lipolyse ou rancissement:Il s'agit de rancissement du lait par les bactéries et moisissures.
- Modifications de couleur: Parmi elles nous noterons:
  - Le lait bleu:*Pseudomonas cyanogenes*.
  - Le lait jaune:*Pseudomonas synxantha*.
  - Le lait rouge:*Bacillus lactis*.
- Augmentation de la viscosité:elle est due aux *Bacillus*, *Micrococcus*, *Klebsiella* et des bactéries lactiques.
- Modification de saveur:
  - Goût amère:Les levures.
  - Goût cuit,brûlé,mall et caramel:Streptocoques lactiques.

**I-2- Fromage :****I-2-1- Définition :**

Le décret du 30 décembre 1988 (Norme NF50120 [ISO8402]) la donne dans son article premier, rapporté par Gillis (1997):

« La dénomination fromage est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières premières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage ».

Selon la norme *Codex*, rapporté par Gillis (1997) :

« Le fromage est le produit frais ou affiné, de consistance solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de sérum / caséine ne dépasse pas celui du lait et qui est obtenu :

- a- Par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : 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 l'égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, et /ou
- b- Par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou de matières provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini au paragraphe a».

**I-2-2- Technologie du fromage :**

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

- La coagulation du lait entraînant la formation d'un réseau protéine appelé coagulum ou gel.
- L'égouttage du caillé qui assure une déshydrations partielle du gel.
- L'affinage qui se caractérise par des transformations biochimiques des constituants du caillé.

Entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage.

**I-2-2-1- Standardisation du lait :**

La standardisation d'un lait de fromagerie consiste à ajuster au moins la teneur en matière grasse en fonction du taux protéique. Son objectif premier est d'éliminer les fluctuations saisonnières afin d'obtenir un même comportement rhéologique des laits à la coagulation et les mêmes rendements fromagers pour une même quantité de lait mise en œuvre toute l'année (Simon *et al.*, 2002).

**I-2-2-2- La coagulation :**

La coagulation correspond à un changement d'état physique irréversible où un lait au repos, initialement liquide, passe à l'état de semi-solide, généralement appelé gel ou plus spécifiquement coagulum (Ramet et Scher, 1997).

Elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait. Elle est réalisée soit par acidification, soit par la présure, soit encore par les deux modes associées (coagulation mixte) (Ramet, 1985 ; Veisseyre et Lenoir, 1992).

**a- Coagulation acide :**

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ( $pH_i = 4.6$ ) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (injection de  $CO_2$ , addition de glucono- $\delta$ -lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide) (Jeantet *et al.*, 2007).

Cette coagulation donne un coagulum ferme, friable, perméable et peu contractile (Veisseyre, 1979 ; Ramet, 1985 ; Brûlé et Lenoir, 1987).

**b- Coagulation 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 animal. La présure, mélange de chymosine et de pepsine, est l'enzyme coagulante la mieux connue (Jeantet *et al.*, 2007 ; Brûlé *et al.*, 1997).

La coagulation du lait par la présure peut se décomposer en trois phases :

- Phase primaire ou enzymatique, correspondant à l'hydrolyse de la caséine k au niveau de liaison phénylalanine (105) et méthionine (106);
- Phase secondaire ou l'agrégation des micelles déstabilisées, qui, à pH 6.6, commence lorsque 80 à 90% de la caséine k est hydrolysée;
- Phase tertiaire ou phase de réticulation conduisant à la formation du gel (Jeantet *et al.*, 2007).

**c- Coagulation mixte :**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. Dans la pratique industrielle, un gel mixte peut être obtenu selon deux techniques :

- L'emprésurage d'un lait acide, ce qui provoque une coagulation rapide avec une pâte de cohésion moyenne.
- L'acidification d'un gel présure qui possède des caractères lactiques (Jeantet *et al.*, 2007 ; Veisseyre, 1979).

Tableau n°3 : Comparaison des caractéristiques des différents gels (Di caprino, 2002).

Caractéristiques	Gels présure	Gels intermédiaires	Gels lactiques
Réversibilité	Irréversibles	Irréversibles	Réversibles
Perméabilité	Imperméable	Augmentation	Perméable
Déminéralisation	Minéralisés	Diminution	Déminéralisés
Sensibilité aux déchirures	Insensible	Augmentation	Sensible
Potentiel de contraction	Important	Diminution	Faible
Plasticité	Importante	Diminution	Faible
Elasticité	Importante	Diminution	Faible
Résistance aux traitements mécaniques	Importante	Diminution	Faible
Faculté d'égouttage	Faible	Augmentation	importante

### I-2-2-3- L'égouttage :

L'égouttage constitue la deuxième phase de la fabrication fromagère ; c'est l'étape de séparation du caillé (phase solide) et du lactosérum (phase liquide) composée d'eau et des matières solubles qui sont : le lactose, les sels minéraux, et les protéines solubles. Ce phénomène est appelé synérèse (Faucaud et al., 2005 ; Ramet, 1997).

#### • Les Facteurs d'égouttage :

L'égouttage dépend de plusieurs facteurs, qui sont :

- Facteurs directs : Ils sont exclusivement de nature physique et se rangent en deux catégories :
  - Traitements thermiques (chauffage).
  - Traitements mécaniques (découpage ou tranchage, brassage, pressage et centrifugation).
- Facteurs indirects : Ils sont responsables de la coagulation (enzyme coagulante, acide lactique). Ils doivent être considérés comme ayant un rôle dans l'égouttage puisqu'ils déterminent les propriétés du caillé (Weber, 1987 ; Ramet, 1997).

### I-2-2-4- Salage :

Le salage consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2%. Il peut être fait dans la masse ( salage des grains de caillé ), en surface (salage à sec) , dans un bain de saumure , ou par la dissolution de sel dans lait avant l'emprésurage , ou mélange d'eau salée au lait avant coagulation ( Ramet,1985 ; Faucaud et al .,2005 ; Lamber , 1988).

Le rôle de salage est multiple :

- Protection contre les micro-organismes dangereux, d'autant plus nécessaire que le fromage est plus humide ; l'activité de l'eau est réduite en relation avec la concentration en sel ;
- Drainage d'un sérum facilité, d'où complètement d'égouttage ;
- Goût du fromage relevé;
- Ralentissement des activités enzymatiques, avec un excès de sel, la pâte reste dure ;
- Augmentation légère de la solubilité des protéines;
- Formation de la croûte, surtout dans les fromages frottés au sel (Alais et Linden, 2003).

#### **I-2-2-5- L'affinage :**

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé. La coagulation et l'égouttage ont assurés la préparation d'un substrat qui est peuplé de micro-organismes et , au cours de l'affinage , ses constituants seront transformés sous l'action d'enzymes présentes à l'origine dans le caillé ou élaborées au cours même de l'affinage par synthèses microbiennes (Choisy et al. ,1997) .

Le but essentiel de cette phase est de développer dans ce substrat notamment par transformation de la caséine (protéolyse) des caractéristiques physiques et chimiques nouvelles qui se traduisent par une modification profonde de sa composition et ; en conséquence; de ces qualités organoleptiques, de sa digestibilité, et de sa valeur nutritive (Weber et Ramet, 1987).

#### **a- Agents d'affinage :**

Les enzymes impliquées dans l'affinage ont plusieurs origines :

- Enzymes naturelles du lait : tels que : la plasmine, la lipoprotéine lipase et la phosphatase alcaline (Jeantet et al., 2007 ; Di caprino ,2002).
- Enzymes coagulantes : se sont les endopeptidases appartenant au groupe des protéases acides.
- Enzyme d'origine microbienne : tels que : les enzymes protéolytiques, les lipases, les enzymes agissant sur les acides aminés et les enzymes efficaces sur les acides gras (Choisy et al., 1997 ; Di caprino ,2002).

#### **b- Facteurs d'affinage :**

Selon Weber et al. (1987), ces facteurs sont divisés en deux groupes : facteurs internes et externes.

-Facteur internes : présentés par le pH et l'activité de l'eau (Weber et Ramet, 1987 ; Choisy et al., 1997).

-Facteurs externes : présentés par la température, l'aération et la composition de l'atmosphère, et l'hygrométrie (Ramet ,1985 ; Weber et Ramet, 1987).

**I-2-2-6- Conditionnement et conservation de fromage :**

Le conditionnement des fromages doit assurer leur protection contre les agents extérieurs, il a aussi pour objectif de régler les échanges avec le milieu extérieur : échange de chaleur, échange de gaz (Eck, 1997).

Selon Christophe cité par Veisseyre (1979), les fromages présentent le conditionnement le plus varié. Selon les types, on utilise : le papier, les pellicules cellulosiques, l'aluminium et les matières plastiques.

Différents types de fromages demandent différentes températures et humidité relative (HR), dans les chambres de stockage. Les conditions climatiques sont des grandes importances pour le taux d'affinage, perte de poids, formation de la croûte et développement de la flore de surface (Kosikowski et al., 1997).

**I-2-3- Classification des fromages :**

Selon les paramètres mis en œuvre au niveau des différentes étapes de transformation du lait en fromage, une grande variété des produits peut être obtenue tel que traduit par Lenoir et al., (1985) à la figure n°3 :

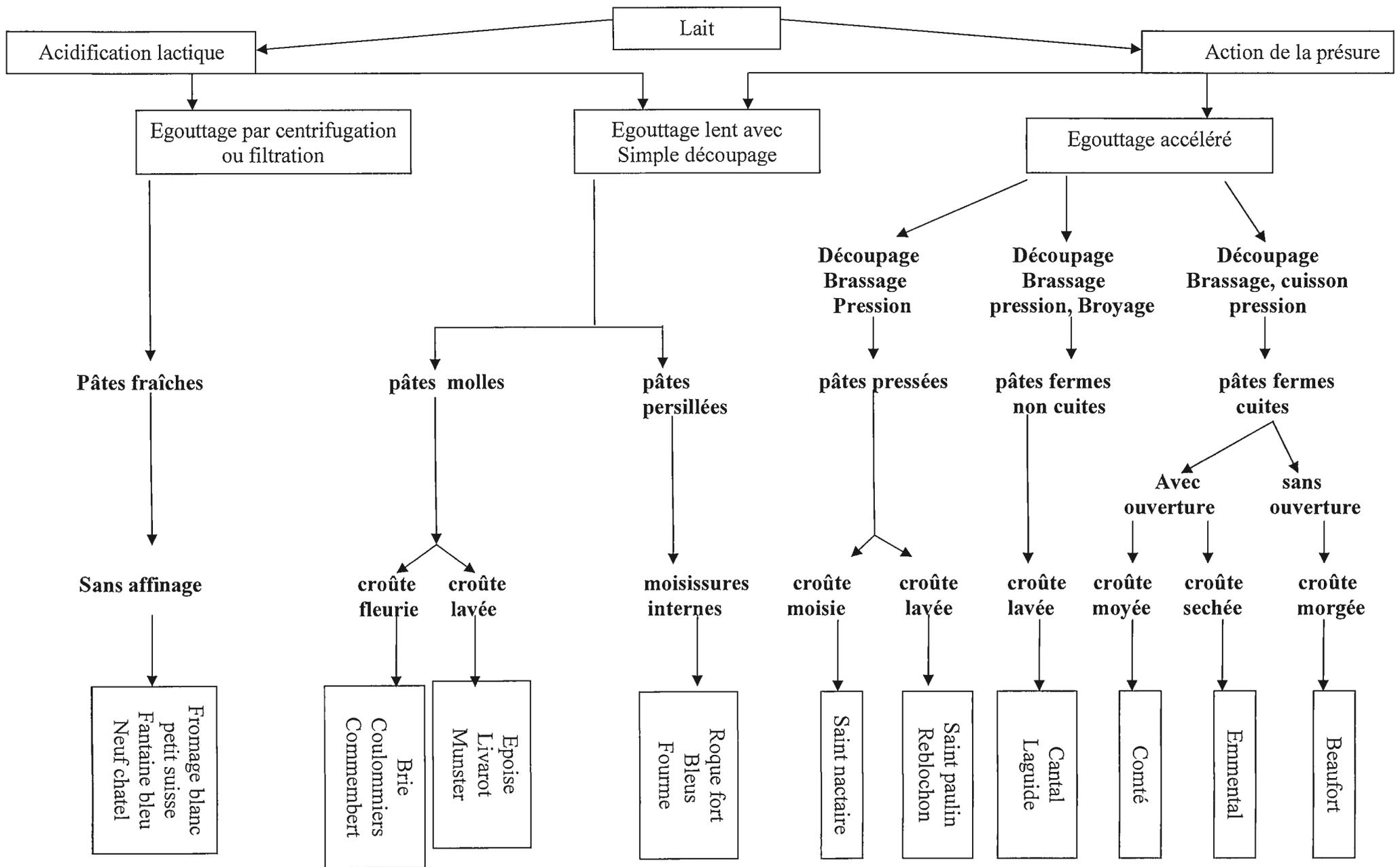


Figure n°1: La diversité des fabrications fromagères (Lenoir et al., 1985)

*CHAPITRE II:*  
*LE FROMAGE FONDU*

## **II-1-Généralités sur les fromages fondus :**

### **II-1-1-Historique :**

Le fromage fondu est une création technologique assez récente. Il date du début de notre siècle, en effet des efforts considérables étaient faits, notamment par les allemands et les suisses pour exporter des fromages vers les pays chauds (Eck, 1989).

La température élevée dans ces régions était un handicap que ce soit pour le transport ou la conservation, le froid artificiel n'existait pas encore pour le transport à longue distance pour les produits alimentaires périssables et les habitations étaient pratiquement dépourvues (Joha, 1989).

A partir de l'année 1900, les exportateurs industriels résolvent en partie ce problème en enfermant le fromage dans des boîtes soumises à un traitement thermique (pasteurisation), malheureusement ce procédé ne peut pas être appliqué aux pâtes dures, tel que l'emmental, car il provoque une rupture de la structure de fromage (Chambre et Daurelles, 1997).

C'est en 1911, qu'une firme suisse mit au point après de longue année une formule basée sur la fonte avec des sels comme le citrate de sodium, le fromage est chauffé à une température de 80°C sous agitation, après refroidissement un gel homogène est obtenu et emballé à chaud dans des feuilles métalliques (Eck et Gillis, 2006).

Quelques années plus tard, en 1917, des américains ont utilisé une solution d'un mélange citrates/orthophosphates, mélange qui facilitera la fonte du cheddar et permettra un développement important du fromage fondu aux USA (Scriban, 1988).

Mais ce n'est qu'en 1930 qu'un très grand progrès fut obtenu grâce à l'utilisation de polyphosphates de sodium linéaires; ces sels de fonte vont permettre de fondre efficacement les fromages à pâte pressée cuite, ceci est à l'origine du développement important du fromage fondu (Chambre et Daurelles, 1997).

### **II-1-2-Définition :**

« On appelle fromages fondus, les produits obtenus par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages, avec addition éventuelle d'autres produits laitiers, notamment du lait (liquide ou en poudre), crème, beurre, caséine, lactosérum, avec ou sans addition des épices ou d'aromates » (décret du 26 novembre 1953) (Uhlmann, 1985).

### **II-1-3-Valeur nutritionnelle :**

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire, et il ne nécessite 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) comme tous les produits laitiers, c'est une source importante de protéines et de calcium (Chambre et Daurelles, 1997).

En outre, la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confère une efficacité nutritionnelle (notamment digestibilité) au moins égale à celle des composés de départ (**Chambre et Daurelles, 1997**).

#### II-1-4- Composition du fromage fondu :

Le fromage fondu apporte la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire tel que: protéines, calcium, vitamines, lipides et sodium. Le **tableau n° 4** présente la composition moyenne du fromage fondu (**Dillon, 1997**).

**Tableau n°4** : Composition moyenne du fromage fondu (exemple: crème de gruyère) pour 100 grammes de produit frais (**Dillon., 1997**).

Constituants	Valeur
Eau (g)	48
Energie (Kcal)	280
Glucides (g)	2.5
Lipides (g)	22
Protéines (g)	18
Calcium (mg)	680
Phosphore (mg)	900
Magnésium (mg)	25
Potassium (mg)	95
Sodium (mg)	1650
Zinc (mg)	9

#### II-1-5- Différents types du fromage fondu :

Les fromages fondus peuvent être classés selon (**Beereus et Luquet, 1987**) :

- Leur composition (adjonction des produits laitiers ou des produits alimentaires autre que les produits laitiers).
- Leur mode de conditionnement (en boîte métallique ou soumis pellicule d'aluminium du film plastique).
- L'ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial, les types de ces fromages sont cités ci-dessous:

##### ➤ Fromage fondu type « bloc » (**Joha, 1989**):

Le traitement thermique subi est modéré de manière que le produit fini conserve son élasticité marquée et la bonne tranchabilité comparable à celle d'un fromage classique.

##### ➤ Fromage fondu type « coupe » (**Joha, 1989**):

Moins ferme que le bloc, il n'est pas autant tartinable, il contient moins de matières sèches que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation.

### ➤ Fromage fondu tartinable(Joha, 1989) :

C'est le processus de crémage qui permet en parti de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité.Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portion) ou rigides (pots, braquettes ou tubes).

## II-2- Matière premières :

Les matières premières utilisées pour la fabrication des fromages fondus sont très diverses (Uhlmann, 1985).

### II-2-1- Fromages naturels :

Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour garantir la fabrication d'un fromage fondu de qualité.Généralement,les plus utilisées sont :

- Des fromages à pâte pressée cuite:Emmental, Gruyère, Comté ...
- Des fromages à pâte pressée non cuite:Cheddar, Gouda, Saint Paulin...
- Des fromages à pâte persillée:Roquefort, Bleus...
- Des fromages blancs,pour la fabrication de « fromage blanc fondu pour tartine » (Uhlmann, 1985).

Le fromage fondu est généralement fabriqué à partir d'une seule variété de fromage à différents degrés d'affinage ou à partir d'un mélange de différentes variétés de fromages dont les critères de sélection sont:le type,la flaveur,la maturité,la consistance,la texture et l'acidité (Chambre et Daurelles,1997).

### II-2-2- Poudre de lait :

La poudre du lait est une matière première utilisée pour la fabrication du fromage fondu et d'autre produits laitiers.Elle permet de porter des quantités importantes de matières sèches du lait;en fonction de sa teneur en matière grasse.Cette poudre de lait est classée en trois catégories qui sont (Veisseyre, 1979) :

- La poudre de lait entier (26%).
- La poudre de lait demi écrème (22%).
- La poudre de lait écrème (0%).

### II-2-3- Sels de fonte:

Ils se présentent sous forme de poudre blanche,en partie compose des fins cristaux et s'écoulant finement,ils sont quasiment anhydres sauf en ce qui concerne les mélanges phosphate/citrate.Leur taux d'humidité oscillant entre 0.3% et 0.5% (Andrea et al., 2005).

Les sels de fonte sont des substances qui dispersent les protéines contenues dans le fromage,entraînant ainsi une répartition homogène des matières grasses et des autres composants (Manfred et Nicole, 1998).

Ils sont aussi utilisés pour ajuster le pH du mélange à fondre et aussi comme un agent conservateur (Berger *et al.*, 1989).

Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement l'acide citrique, les sels de sodium ainsi que les polyphosphates et orthophosphate de sodium (Uhlmann, 1985).

#### **II-2-4- Préfonte :**

La préfonte est un fromage qui a été déjà fondu et qui peut ou doit être incorporé aux matières premières pour préparer d'autres fromages. L'addition de cette préfonte stabilise l'émulsion, en permettant les interactions entre les protéines et les lipides, elle peut être sous deux formes (Patart, 1987):

- Non crémée (peu d'action sur la structure des fromages fondus).
- Crémée (accélère le processus du crémage).

#### **II-2-5- Addition des produits laitiers :**

D'autres matières premières d'origine laitière sont utilisées pour la fabrication de fromage fondu tel que: la crème, le beurre, babeurre et le lactosérum ayant subi ou non un traitement thermique (Chambre et Daurelles, 1997).

#### **II-2-6- Addition des produits non laitiers :**

##### **II-2-6-1- Ingrédients d'aromatisation :**

Certains fromages fondus sont aromatisés par l'apport d'ingrédients aromatiques d'origine animale (jambon, salami, bœuf fumé, crustacés, poissons, saumon, crevettes...) ou végétale (épices, aromates, herbes, légumes, fruits...) (Chambre et Daurelles, 1997).

##### **II-2-6-2- Autres matières premières :**

Parfois, on utilise essentiellement à des fins économiques et nutritionnelles des matières grasses végétales en substitution totale ou partielle de la matière grasse laitière, voire des protéines végétales concentrées (isolats de soja, gluten...), des fibres et/ou des polysaccharides.

Dans ce cadre, les produits obtenus ne peuvent prétendre à la dénomination fromage (Chambre et Daurelles, 1997).

#### **II-3- Fabrication du fromage fondu :**

Les principales étapes de fabrication du fromage fondu sont :

##### **II-3-1- Sélection des matières premières et contrôle de qualité :**

La sélection des matières premières est en relation avec la formule du produit à fabriquer, toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physico-chimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Berger *et al.*, 1989).

**II-3-2- Préparation de la matière première :**

L'écroûtage est réalisé traditionnellement par raclage ou brassage mais des techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaude sous pression par exemple.

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières, car il est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène.

Dans certains cas, la matière première fromagère peut même être laminée pour la transformer en très fines brisures (Chambre et Daurelles, 1997).

**II-3-3- préparation de la formule :**

- Pesée des matières premières.
- Mélange.

Aux matières premières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et des sels de fonte, puis on effectue un prébroyage de l'ensemble pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu.

La réhydratation des poudres avant mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte (Chambre et Daurelles, 1997).

**II-3-4- Cuisson :**

Il importe que la pâte du fromage, totalement fondue, soit parfaitement homogène pour assurer un chauffage satisfaisant de toutes les particules de fromage. Cette étape est réalisée par plusieurs techniques:

- Pétrins traditionnels à simple ou double cuves et chauffage par injection directe de vapeur et double fond, pour une simple pasteurisation à 90-95°C°.
- Pétrins du même type mais conçues pour atteindre une stérilisation lente à 120-125°C°.
- Stérilisation de diverses conceptions, assurant ou non préalablement la fonte proprement dite, et permettant, notamment en UHT d'atteindre des températures de l'ordre de 135-140°C° assurant au produit fini une conservation partiellement longue, appréciée pour les pays chauds .

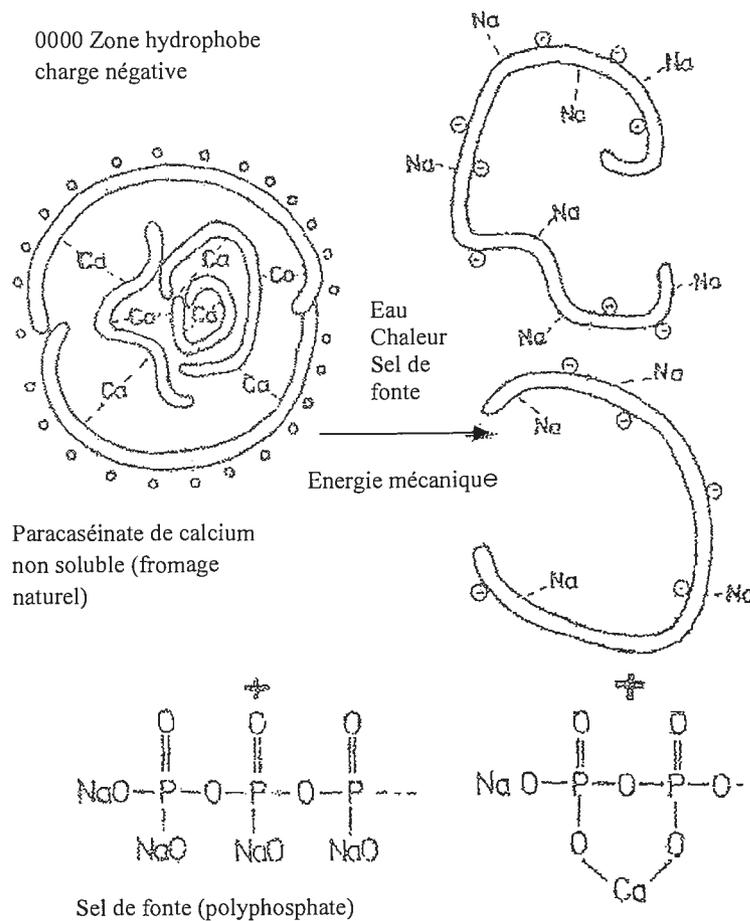
En outre, la température atteinte doit permettre la destruction de la plus grande partie des germes formes sporulées comprises (Veisseyre, 1979 ; Uhlmann, 1985).

**II-3-4-1- La peptisation (Déstructuration de la masse protéique initiale) :**

Les fromages naturels sont constitués par des granules de caillé composés de protéines et de globules gras .La zone externe du granule est composée essentiellement de substances protéiques,la zone interne d'une proportion plus importante de matières grasses(Chambre et Daurelles ,1997).

Sous l'effet du traitement thermique,les sels de fonte et l'eau;les sels de fonte chélatent le calcium lié aux protéines,en transformant les paracaséinates de calcium insolubles en paracaséinates de sodium solubles aboutissant à une masse homogène et fluide (**figure 4**) (Uhlmann, 1985).

Parallèlement à la déstabilisation des protéines,la matière grasse qui se trouve en présonnée à l'intérieur des substances protéiques est affectée aussi par le chauffage,donec cette matière grasse est libérée au cours de la fonte (**Chambre et Daurelles, 1997**).



**Figure n°2: La peptisation (Luquet,1985).**

**II-3-4-2- Crémage (Restructuration) :**

Le crémage est un phénomène physico-chimique correspond à un épaissement ou un gonflement de la pâte fromagère; au cours du crémage deux phénomènes peuvent être observés:

- Hydratation: est expliquée par la fixation des anions polyvalents des sels de fonte sur les substances protéiques (modifiées) au cours de la peptisation augmentant ainsi leur caractère hydrophile, donc d'autres liaisons se forment en présence des molécules qui grossissent, en absorbant des quantités importantes d'eau, ceci permet une hydratation importante des protéines et fait augmenter leur solubilité.

- Emulsification: la formation des liaisons ioniques inter et intra protéique entraîne la gélification du réseau protéique (**Chambre et Daurelles, 1997 ; Patart, 1987**).

**II-3-5- Homogénéisation :**

L'homogénéisation améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras, elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire (maintenance et équipement), de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (**Chambre et Daurelles, 1997**).

**II-3-6- Conditionnement :**

Le conditionnement se fait directement sans refroidissement et la forme du produit est donnée par l'emballage. Il est réalisé sur lignes automatisées, il doit être conduit dans des bonnes conditions d'hygiène pour éviter toute contamination du fromage par le matériel (**Joha, 1989**).

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans des feuilles d'aluminium laqué ou dans des contenants en matériaux plastiques thermoscellable, le fromage fondu peut être aussi emballé en tubes, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique lui donnant l'aspect de saucisses (**Chambre et Daurelles, 1997**).

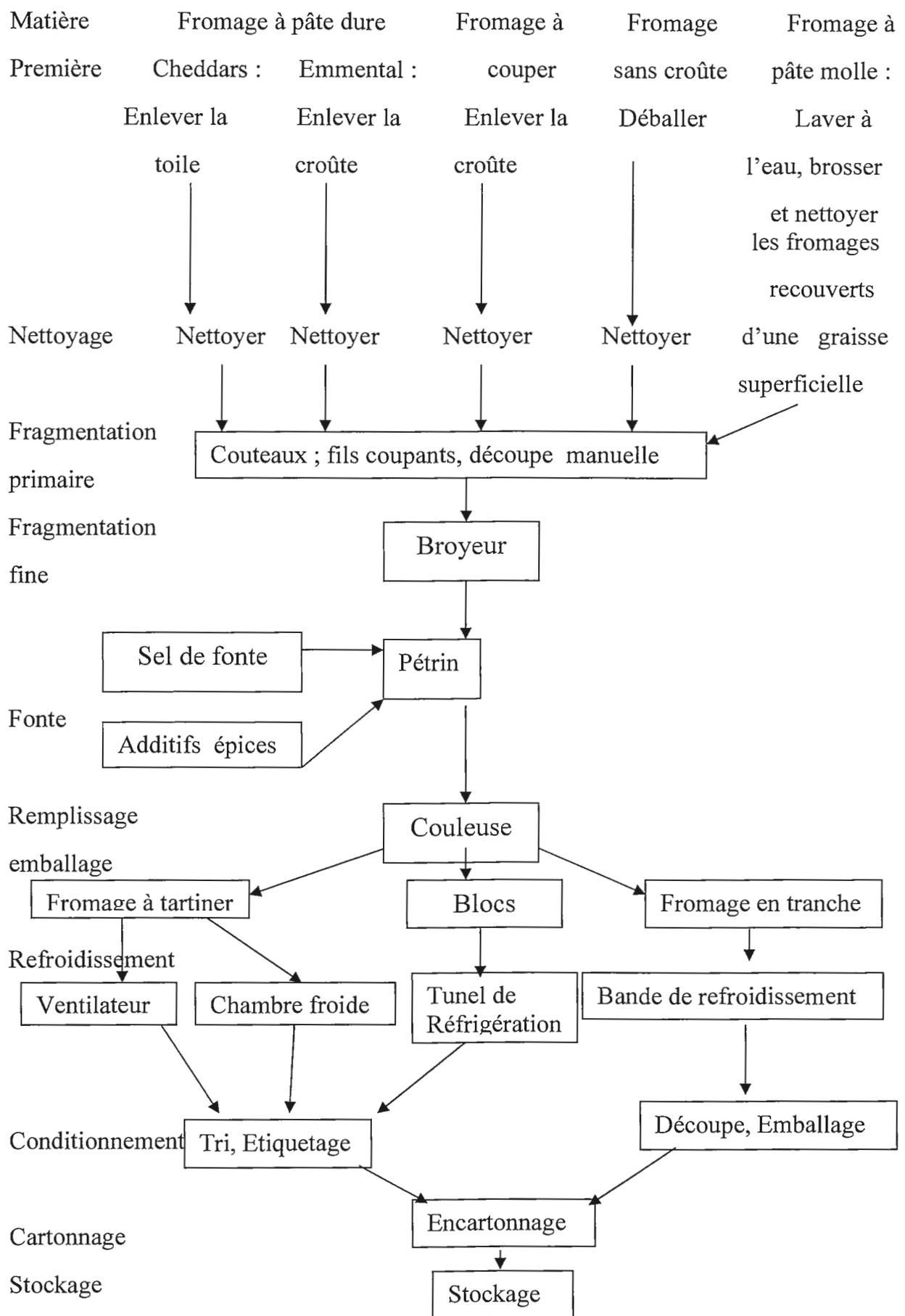
**II-3-7- Refroidissement :**

Après conditionnement, le refroidissement est une phase importante, il varie en fonction du type de produit ; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner et préparations à base de fromage fondu afin d'éviter la durcissement de la pâte et lent pour les blocs, toutefois, un refroidissement trop lent peut favoriser le développement des réactions de Maillard (**Uhlmann, 1985 ; Chambre et Daurelles, 1997**).

**II-3-8- Stockage du produit :**

Le stockage des produits mise en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10-15C°. Cette température est suffisante pour éviter la poursuite du crémage mais n'est pas assez basse pour entraîner la formation de condensats sur les emballages (**Chambre et Daurelles, 1997**).

Le respect des conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication permet d'obtenir un produit de bonne conservation d'une durée comprise généralement entre 6 mois et un an (**Chambre et Daurelles, 1997**).



**Figure n° 3:** Présentation schématique de la fabrication de fromage fondu (Uhlmann, 1985).

#### II-4- Défauts de fabrication du fromage fondu :

Les défauts de fabrication des fromages fondus sont dus essentiellement à la nature de la matière première et aussi au choix des autres ingrédients tels que:les sels de fonte et les agents de sapidité (Joha ,1989).Le **tableau n°5** montre les défauts de fabrication du fromage fondu au moment de la fonte.

**Tableau n°5 : Défauts au moment de la fonte (Berger et al.,1989)**

Aspect de la pâte	Origine possible	Remède
La pâte n'est pas homogène	-Le pH est faible,et sa valeur dépend de la matière première employée. Exemple :l'emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar. -La teneur en sel est faible. -Le temps de cuisson est court.	-Augmenter le pH.  -Augmenter la dose du sel. -Augmenter le temps de cuisson.
Le fromage fondu trop liquide	-La matière première utilisée n'est pas affinée n'arrive pas à crémier ou à l'inverse,est trop vieille et ne gonfle pas. -Le sel de fonte employé n'était pas crémant. -Le mélange contient une quantité élevée d'eau.	-Ajouter la matière première affinée  -Mettre un sel crémant.  -Vérifier la quantité d'eau.
La pâte forme des fils	-Mauvaise crémage dû au : *Temps de fonte court. *Dose de sel de fonte n'est pas exacte. -Brassoir à une vitesse faible.	-Augmenter le temps. -Augmenter la dose de sel.  -Augmenter la vitesse des brassoirs.

Au cours du stockage du fromage fondu,des problèmes concernant la qualité organoleptique du produit peuvent surgir.Le **tableau n°6** montre quelques défauts observés au moment du stockage.

**Tableau n°6 : Défaits au cours du stockage (Berger et al., 1989).**

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

**II-5- Contrôle de qualité :**

A tous les stades de la fabrication et du conditionnement, les laboratoires des usines assurent des contrôles permanents tant sur les matières premières que sur les produits finis et les matériels utilisés. Ces contrôles portent notamment:

- Sur la qualité bactériologique des produits et la parfaite stérilité des matériels en contact avec la pâte (tuyauterie, de transport.....).
- Sur le respect des normes de matière sèche, de matière grasse et de poids .....
- Sur la qualité de l'emballage et du conditionnement réalisé.
- Sur les qualités organoleptiques du produit fini, grâce à des analyses sensorielles (Uhlmann, 1985).

**II-6- Analyse sensorielle du fromage fondu :**

Les caractéristiques sensorielles d'un aliment sont des critères importants de l'acceptabilité de l'aliment par le consommateur. L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, sa saveur, son arôme stimulent les sens de la vue, de l'ouïe, du toucher, de l'odorat et du goût et provoquent des réactions plus au moins vives d'acceptation ou de rejet (Issanchou, 1997).

L'évaluation sensorielle des produits est utilisée dans deux directions :

- La première consiste à analyser les caractéristiques d'aspect, de texture et de flaveur par les organes de sens.
- La seconde s'intéresse à la réponse hédonique de consommateurs choisis et caractérisés selon leur âge, leur sexe et surtout leurs habitudes de consommation (Issanchou, 1997).

# ETUDE EXPERIMENTALE

# MATERIELS ET METHODES

Le fromage fondu est un aliment riche en nutriments comme les protides, les lipides, les sels minéraux et les vitamines.

En Algérie, l'industrie fromagère est considérée comme étant la plus importante où la consommation est qualifiée d'importante.

Cependant, par sa composition riche en nutriments, le fromage fondu constitue un excellent milieu de culture pour les micro-organismes.

Dans le but de révéler les défaillances dans la chaîne de production et commercialisation du fromage fondu, nous sommes proposés à faire une étude pour estimer la qualité microbiologique, physicochimique, ainsi que la qualité organoleptique du fromage fondu commercialisé localement.

## **I- Matériels et méthodes :**

### **I-1-Matériels :**

#### **I-1-1- Matériel biologique :**

Le matériel biologique nécessaire pour la réalisation de cette étude est le suivant :

- Les fromages fondus: dans le but d'évaluer la qualité du fromage fondu, nous avons choisi six variétés provenant du commerce: La vache qui rit, Okid's, Berbère, Milky, Dalix et Cheezy.

Le choix des variétés de fromages a été effectué sur la base de la réputation des marques et de la disponibilité sur le marché. Le **tableau n°7** résume les caractéristiques des marques choisies :

Tableau n° 7: La gamme des échantillons analysés.

Marques	Nombre de portions sur l'emballage	Le rapport G/S sur l'emballage	Photos
La vache qui rit	16	50%	
Okid's	16	40%	
Berbère	16	40%	
Milky	24	45%	
Dalix	16	35%	
Cheezy	16	40%	

**I-1-2- Milieux de culture :**

Les milieux de culture utilisés sont les suivants :

**I-1-2-1- Milieux gélosés :**

- Gélose PCA (Plate Count Agar) : pour le dénombrement de la FTM.
- Gélose VRBG : pour le dénombrement des coliformes totaux.
- Gélose VRBL : pour le dénombrement des coliformes fécaux.
- Gélose OGA : pour le dénombrement des levures et moisissures.
- Gélose au VF (Viande Foie) : pour la recherche et le dénombrement des Clostridium suflito-réducteurs.
- Gélose nutritive : pour la conservation des souches.
- Gélose Hektöen : pour l'isolement des Salmonelles.
- Gélose Chapman : pour l'isolement et la purification des Staphylocoques.

**I-1-2-2- Milieux Liquides :**

- Milieu « Rothe » et « Eva-Litsky »: pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux.
- Milieu « SFB »: pour l'enrichissement de *Salmonella*.
- Milieu « Giolitti - Contoni »: pour l'enrichissement de Staphylocoques.
- Eau physiologique stérile pour la préparation de la solution mère et les dilutions.

**I-1-3- Produits chimiques et réactifs :**

Pour le contrôle physico-chimique, nous nous sommes servi de :

- Solution alcoolique de phénol phtaléine comme indicateur de couleur.
- NaOH (N/9): soude Dornic.
- Acide sulfurique.
- Alcool iso amylique.
- Le  $K_2SO_4$  (en poudre).
- Le sélénium.
- Réactif de Nessler.
- Fushine.
- Lugol.
- Alcool.
- Violet de Gentiane.

**I-1-4- Appareillages et matériels:**

Parmi ce qui sont utilisés:

- Etuve de 37°C et 44°C (Memmert, INB 500).
- Four à moufle réglable à 500°C (Memmert, 100.800).
- Balance analytique.
- Spectrophotomètre.
- Thermomètre.
- Butyromètre
- pH mètre (HANNA ; 493324).
- Bain marie (HEIDOLPH, 517.01002.00.2).
- Burette sur support.
- Compteur colonies (Funk, Gerber, 8502 ; 1819).
- Autoclave.
- Ballon et chauffe ballon.
- Hôte chimique.
- La verrerie : Bêchers, pipettes pasteur, pipettes, verres de montre.
- Microscope.

**I-2-Méthodes :****I-2-2- Zone d'étude:**

L'étude a été menée dans la wilaya de Jijel où le fromage fondu est commercialisé. La période de notre étude s'étale sur les deux mois:Avril, Mais 2009. Dans la wilaya de Jijel, deux zones agro écologiques sont ciblées:Jijel et El-milia, à partir de ces zones les prélèvements sont effectués chez les commerçants.

**I-2-3- Echantillonnage:**

Les prélèvements de cette gamme de fromage fondu ont été réalisé au hasard et dans des conditions de vente normale.

Pour chaque prélèvement, on a prélevé 05 échantillons de fromage pour les analyses microbiologiques et 03 pour les analyses physico-chimiques d'un même lot de fabrication(en prenant toutes les précautions d'hygiène).Chaque échantillon contient des sous unités(portions de fromage).

L'échantillon global (représentatif)est obtenu après l'homogénéisation des échantillons prélevés. Il est conservé au froid à 5-6C°.

**I-2-4-Contrôle physico-chimique:****I-2-4-1- Mesure du pH et détermination de l'acidité :****a- Mesure du pH(Lecoq ,1965):**

Cette mesure est effectuée à l'aide du pH mètre dans la phase liquide.

On disperse 10g de fromage fondu dans 100ml d'eau distillée puis on plonge l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et on mesure directement le pH avec la correction de la température .

**b- Détermination de l'acidité Dornic(Lecoq, 1965) :**

On dispose 10g de fromage fondu dans 100ml d'eau distillée, puis on prend 10ml de la solution mère et on ajoute 5 gouttes de phénolphtaléine. on titre avec du NaOH (N/9) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante.

L'acidité exprimée en degré Dornic est donnée par la formule :

$$\text{Acidité (°D)} = V_{\text{NaOH}} \times 10$$

$V_{\text{NaOH}}$  : Volume de la soude utilisé pour titrer les 10ml de la solution mère.

**I-2-4-2- Détermination de la teneur en matière sèche (Lecoq, 1965):**

On place dans un creuset sèche et taré un volume de 10g de fromage fondu, puis on porte dans une étuve réglée à la température de  $(103 \pm 2^\circ\text{C})$ . La matière sèche est déterminée par des pesées répétées jusqu'à poids constant.

Le résultat est calculé en appliquant la formule suivante :

$$\text{MS (\%)} = \frac{X}{Y} \times 100$$

**MS** : Matière sèche.

**X** : Poids de l'échantillon en gramme après étuvage.

**Y** : Poids de l'échantillon en gramme avant étuvage.

**I-2-4-3- Détermination du taux d'humidité (Berger et al. ,2004):**

Elle est déterminée en se basant sur les résultats de la matière sèche, et en appliquant la formule suivante:

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

**H** : Taux d'humidité.

**MS** : Matière sèche.

**I- 2-4-4- Détermination de la teneur en matière minérale(Lecoq, 1965):**

Un volume de 10g du fromage fondu est mis dans un creuset taré et placé dans un four à moufle où l'incinération se fait à une température voisine de 450-500°C. L'incinération est poursuivie pendant 4 heures.

Le résultat peut être calculé en appliquant la formule suivante :

$$\text{MM (\%)} = \frac{X}{Y} \times 100$$

**MM** : Matière minérale.

**X** : Poids de l'échantillon en gramme après étuvage.

**Y** : Poids de l'échantillon en gramme avant étuvage.

**II-2-4-5- Détermination de la teneur en matière organique (Lecoq, 1965):**

Elle est déterminée en se basant sur les résultats de la matière sèche et minérale, et en appliquant la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = \text{MS (\%)} - \text{MM (\%)}$$

**MO** : Matière organique.

**MS** : Matière sèche.

**MM** : Matière minérale.

**I-2-4-6- Détermination de la teneur en matière azotée(Lecoq, 1965) :**

On introduit une prise d'essai de 0.5g du fromage fondu dans un matras, puis on ajoute 5g du catalyseur ( $K_2SO_4$  et sélénium: le rapport est de 1g /1000g) et 20ml d'acide sulfurique concentré.

Pour suivre le chauffage jusqu'à décoloration vers le jaune clair. Après refroidissement, on transverse le contenu du matras vers une fiole de 100ml et on complète par l'eau distillée, on prélève 20ml et on transfère dans un bécher de 50ml, puis on rajoute 0.5ml de réactif de Nessler. On complète jusqu'à 50ml par l'eau distillée et on fait la lecture par spectrophotomètre à 425nm.

La courbe d'étalonnage est faite par le sérum albumine bovine en utilisant des solutions filles de 20, 40, 60, 80 et 100mg/l. La valeur obtenue est directement exprimée en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage de L'azote.

L'azote total est calculé à partir de la formule suivante :

$$N (\%) = 25 \times \frac{Q}{P}$$

**Q** : Equivalent de la transmittance en mg/l de NH<sub>4</sub>.

**P** : La prise d'essai en gramme

Les protéines sont données par la formule :

$$\text{Protéines} : N (\%) \times 6.38$$

#### I-2-4-7- Détermination de la teneur en matière grasse (AFNOR, 1999) :

On dépose 3g de l'échantillon dans un butyromètre à fromage, on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'échantillon soit émergé, puis on place le butyromètre à un bain marie à 65°C pendant 5 min, pour favoriser la dissolution complète des protéines, par la suite on additionne 1ml d'alcool iso amylique et on remplit d'acide sulfurique jusqu'à mi-échelle du butyromètre, puis on homogénéise et on centrifuge pendant 10min (1100 à 1600 tour/min).

La teneur en matière grasse de l'échantillon, exprimée en pourcentage en masse, est égale (a-b).

$$\text{TMG} (\%) = a - b$$

**TMG** : Teneur en matière grasse (%).

**a** : La lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de la matière grasse.

**b** : La lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de la matière grasse.

#### I-2-4-8- Rapport gras/sec (Klostermeyer, 1989):

Ce rapport est un calcul très simple, il désigne la matière grasse sur l'extrait sec. Il s'exprime en pourcentage selon la formule suivante :

$$R (\%) = \frac{G}{S} \times 100$$

**R** : Rapport gras/sec (%).

**G** : Matière grasse.

**S** : Matière sèche.

**I-2-4-9- Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) (Klostermeyer, 1989):**

L'extrait sec dégraissé correspond à la différence entre l'extrait sec total et le taux de la matière grasse. Il est calculé par la formule suivante:

$$\text{ESD (\%)} = \text{EST} - \text{MG}$$

**ESD** : Extrait sec dégraissé.

**EST** : Extrait sec total.

**MG** : Matière grasse.

**I-2-5- Contrôle microbiologique :****I-2-5-1- Préparation de la solution mère et des dilutions décimales:**

Pour les produits solides (fromage fondu), on ne peut pas pipeter. L'analyse comprend alors obligatoirement la réalisation d'une suspension de l'aliment broyé dans un liquide qui le diluera. On s'arrange toujours pour que la dilution soit alors au 1/10.

Les dilutions destinées à l'analyse sont réalisées à partir de la suspension mère de broyage (Joffin et Joffin, 1999 ; Guiraud, 2003).

Selon **Ducastelle et Lenoir (1965)**, l'analyse microbiologique des échantillons a comporté les opérations préalables suivantes :

- Découpage du fromage à l'aide d'une spatule stérile. Nous n'avons pas éliminé la croûte superficielle des fromages du moment qu'elle est mangeable.
- Peser 10g de fromage fondu dans un flacon stérile.
- Mise en solution de la prise d'essai dans 90ml de solution stérile d'eau physiologique.
- A partir de la suspension de fromage ainsi obtenu au 1/10<sup>ème</sup>, des dilutions convenables sont effectuées dans une solution stérile d'eau physiologique. Selon **Bourgeois et al., (1991)**:

9 ml d'eau physiologique stérile est réparti dans une série de deux tubes, après avoir homogénéiser la solution mère, puis on transfère à l'aide d'une pipette stérile 1 ml dans le tube n°:1 ; il représente la dilution 10<sup>-2</sup>. Après avoir homogénéiser le contenu du tube n°:1, on transforme 1 ml à l'aide d'une autre pipette stérile dans le tube n°2 afin d'obtenir la dilution 10<sup>-3</sup>.

**I-2-5-2- Recherche et Dénombrement des flores :****a- Dénombrement de la flore totale mésophile FTM (Guiraud, 1998):**

On fait fondre la gélose PCA dans un bain marie à 100°C, puis on laisse la refroidir à 45°C. A l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1ml de la solution mère ( $10^{-1}$ ) et on le dépose sous forme de gouttelette au fond de la boîte de pétri, puis on fait couler aseptiquement la gélose et on homogénéise le tout. On laisse solidifier, puis on incube à 37°C pendant 24h-48h. on fait le même pour la dilution  $10^{-2}$ .

On dénombre toutes les colonies lenticulaires apparentes dans les boîtes (dont le nombre des colonies est entre 30 et 300 colonies).

**b- Dénombrement des coliformes totaux (Devuchelle, 1996):**

On fait fondre la gélose VRBG au bain marie à 100°C, puis on refroidit à 45°C. A l'aide d'une pipette graduée, on ensemence 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  sous forme de gouttelette puis on coule la gélose fondue dans les boîtes de pétri contenant l'inoculum et on homogénéise le tout. On Incube les boîtes à 37°C pendant 24-48h.

Pour les boîtes contenant entre 15-150 colonies, on compte toutes les colonies rouges et ayant au moins 0.5 mm de diamètre.

**c- Dénombrement des coliformes thermotolérants (Devuchelle, 1996):**

La technique est la même comme pour les coliformes sauf que la gélose utilisée est VRBL et l'incubation se fait à 44°C pendant 24-48h.

**d- Dénombrement des levures et moisissures (Guiraud, 1998):**

On fait fondre la gélose OGA au bain marie à 100°C, puis on la refroidit à 45°C. Ensuite on coule la gélose fondue dans des boîtes de pétri et on laisse la prendre en masse. A l'aide d'une pipette pasteur stérile, on ensemence 0.1 ml de la dilution  $10^{-2}$  et on fait un étalement à la surface du milieu.

On incube les boîtes à température ambiante pendant 3-5 jours.

Les levures se présentent sous forme de colonies lisses et rondes. Les moisissures sont sous formes de colonies filamenteuses.

**e- Recherche des Staphylocoques :****Technique****- Enrichissement (Bourgeois et Leveau, 1991):**

Dans un tube contenant 9 ml du milieu « Giolitti-Contoni » additionné de tellurite de potassium, puis on introduit 1 ml de la solution mère à l'aide d'une pipette stérile, et on homogénéise l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48h.

Après la période d'incubation, les tubes ayant virés au noir sont présumés positifs.

**- Isolement (Bourgeois et Leveau, 1991) :**

Dans les boîtes de pétri, on coule la gélose Chapman déjà fondue et on laisse prendre en masse. A partir des tubes positifs de l'enrichissement et à l'aide d'une anse de platine, on prend une gouttelette et on dépose à la surface du milieu. L'isolement s'effectue par la méthode d'épuisement. On laisse sécher et on incube à 37°C pendant 24h.

Les Staphylocoques peuvent présenter différentes colonies convexes, jaune citron, orange ou blanchâtre à contour régulier.

**f- Recherche des Salmonelles :****Technique :****- Enrichissement (Bourgeois et Leveau, 1991):**

On prélève 1 ml de la solution mère et on le place aseptiquement dans un tube contenant le milieu « SFB » (D/C). On incube à 37°C pendant 24h.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positif.

**- Isolement :**

A partir d'un tube positif d'enrichissement « SFB », on prélève une goutte par l'anse de platine stérile et on dépose au bord d'une boîte de pétri contenant la gélose Hektöen préalablement fondue et additionnée d'un additif d'Hektöen.

**g- Recherche et dénombrement de Streptocoques fécaux :****Technique :****- Test présomptif (Catsaras, 1991):**

A l'aide d'une pipette graduée stérile, on prélève 1 ml de la solution mère et on transfère dans un tube contenant le milieu de « Rothe » (D/C). L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48h.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme + et sont susceptibles de contenir au moins un streptocoque fécal. La présence d'un trouble nécessite un test confirmatif.

**- Test confirmatif (Petranxsiene et al., 1989) :**

Tous les tubes présentant un trouble microbien sur le milieu de « Rothe » se repiquent à l'anse de platine bouclée, sur des tubes de milieu de « Litsky ». L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

Les milieux troubles avec ou sans dépôt blanchâtre ou mauve indiquent la présence au moins un streptocoque fécal.

**h- Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito-réducteur :****Technique (Petranxienne et al.,1989;Guiraud, 2003):**

- A l'aide d'une pipette graduée, on place 15 ml de la solution mère dans trois tubes (5ml dans chaque tube). On porte ces tubes dans un bain d'eau à 90°C pendant 15min, puis on refroidit rapidement à la température ambiante. Les formes végétatives sont alors détruites, seules les spores subsistent.

- on coule la gélose viande-Foie fondue au bain marie à 100°C et on refroidit à 45°C (additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium), puis on homogénéise par des mouvements rotatoires verticales sans faire des bulles d'air.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48h.

Les colonies noires qui se développent en anaérobiose sont considérées comme des colonies de Clostridium sulfito-réducteurs.

**i- Purification et identification des Staphylocoques :**

Les souches isolées à partir de milieu Chapman, sont soumises à un repiquage successif jusqu'à l'obtention d'une souche pure (colonies de même forme et de même couleur), puis elle sera conservée dans des tubes à gélose nutritive inclinée.

L'identification d'une souche pure se fait nécessairement sur une culture pure. Cette condition est indispensable pour éliminer la présence de tout agent contaminant qui fausserait les résultats (Bousseboua, 2002).

L'identification des genres Staphylococcus repose sur les caractères suivants: coloration de Gram et test de catalase (Delarras ,2007).

**• Coloration de Gram :****- Préparation des frottis :**

Sur une lame dégraissée, on dépose une goutte d'eau physiologique stérile, puis on étale une colonie prélevée de la gélose nutritive et on laisse sécher.

On fixe le frottis en le passant légèrement sur la flamme du bec bunsen.

**- Coloration :**

- Recouvrir le frottis par le violet gentiane pendant 1 minute puis laver avec l'eau.
- Ajouter le lugol et laisser réagir pendant 1 minute et rejeter.
- Laver avec l'eau.
- Décolorer par l'alcool 95°C puis rincer à l'eau.
- Recouvrir la lame par la fushine pendant 30 secondes, laver abondamment et sécher entre deux feuilles absorbantes.
- Observer au microscope avec un objectif à immersion.

**- Lecture :**

Les Staphylocoques sont des cocci à Gram+.

**• La recherche du catalase(Lambin et Jerman, 1969) :**

- Déposer sur une lame de verre dégraissée par l'alcool 1 ou 2 gouttes d'eau oxygénée.
- Prélever une colonie bactérienne, à partir de la gélose nutritive ; à l'aide d'une anse de platine stérile.
- Dissocier la culture dans la goutte d'eau oxygénée.

Un dégagement de bulle de gaz indique la présence d'une catalase.

**I-2-6- Contrôle organoleptique :**

L'analyse sensorielle repose sur la dégustation des produits et sur l'analyse des réponses sensorielles données par les dégustateurs (Raoux, 1998).

Dans notre cas, nous avons fait appel à la méthode du profil sensoriel pour décrire les échantillons de façon exhaustive .Il s'agit d'une analyse multidimensionnelle où le produit est évalué grâce à plusieurs attributs (Raoux, 1998).

Le nombre de dégustateurs requis pour cette analyse est de 5 personnes non entraînées. La fiche de dégustation (voir annexe) se compose d'un profil de l'ensemble des attributs examinés et d'un barème de notation de la qualité globale. Cette fiche permet aux dégustateurs d'exprimer d'une manière spontanée l'intensité avec laquelle ils percevoient chaque attribut. Les attributs sont évalués sur une échelle structurée allant de zéro à cinq (Raoux, 1998).

Les échantillons doivent être codés et présentés de façon homogène (température, quantité, récipient). Ils doivent être aussi découpées en portion de même taille et placées au réfrigérateur à la température de 7°C une heure avant la dégustation (Raoux, 1998).

# RESULTATS ET DISCUSSION

## II- Résultats et discussion :

### II-1- Résultats du contrôle physicochimique :

#### II-1-1- Résultats de la mesure du pH :

Le résultat de la mesure du pH des échantillons analysés varie de 5,60-6,03 avec un moyen de  $5,75 \pm 0,34$ . L'analyse de variance a montré que les résultats du pH ne varient d'une manière significative selon les régions et les variétés ( $P < 0,05$ ). Mais on a noté pour le fromage « Dalix » une valeur de pH plus élevée (6,03) par rapport aux autres fromages (**Figure 4**).

Selon **Ack (1987)**, le fromage fondu a une valeur de pH située entre 5,3 et 5,8. Nos résultats sur les valeurs du pH se trouvent bien inclus dans cette fourchette de variation, sauf pour le fromage « Dalix » qui a une valeur légèrement supérieure à cette gamme (6,03).

Le pH a une importance considérable pour la texture et la conservation du fromage fondu (**Joha, 1989**). Selon **Ramet (1985)**, de plus le pH règle à la fois le développement et l'activité enzymatique des microorganismes constituant les flores internes et superficielles.

Les travaux de **Choisy et al. (1997)** ont confirmé que l'influence du pH sur le développement microbien et l'activité enzymatique est particulièrement déterminante. Parmi les microorganismes, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à des pH inférieurs à 5, en revanche; certaines espèces d'altération comme *Brévibacterium Linens* ou certains groupes, tels que *Pseudomonas*, sont inhibés par une faible acidification du milieu.

De même, l'activité enzymatique est très sensible aux variations de pH : l'activité de la plus part des protéases microbiennes <sup>est</sup> maximale dans l'intervalle de pH 5-7,5, celle des lipases dans la zone 7,5-9. Au dessous de pH 5, l'activité et la stabilité de nombreuses enzymes sont fortement réduites (**Choisy et al., 1997**).

D'après **Di caprino (2002)**, **Ramet (1997)**, le pH influe le type de micro-organismes capables de se développer sur le fromage, et la seuil critique se trouve à pH 5, car en dessous de cette valeur, les levures et les moisissures sont pratiquement les seuls micro-organismes aptes à se développer.

D'après **Veisseyre (1979)**, la notion du pH joue un rôle capital dans la fabrication des fromages fondus. Les fromages trop jeunes à pH bas sont à écarter alors qu'au contraire, les fromages ayant déjà un certain affinage, conviennent mieux (pH supérieur à 5,6). Pratiquement, on procède à des mélanges judicieux de fromages âgés et de fromages plus jeunes.

Les résultats obtenus lors de la mesure du pH sont résumés dans le tableau (8).

Tableau n°8 : Evaluation du pH des fromages (%).

pH	Régions		Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variété de fromages					
	La vache qui rit		5,69	5,66	5,67	NS
	Dalix		6	6,06	6,03	
	Okid's		5,83	5,88	5,85	
	Cheezy		5,87	5,34	5,60	
	Milky		5,66	5,78	5,72	
	Berbère		5,95	5,35	5,65	
	Signification statistique		NS			

NS : non significative.

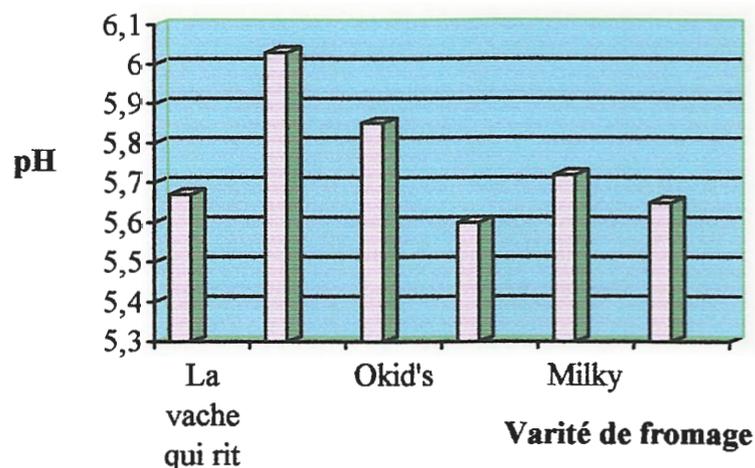


Figure n°4: Variation du pH selon les variétés du fromage fondu.

### II-1-2- Résultats de la mesure de l'acidité Dornic :

L'analyse de variance a montré que les résultats de l'acidité varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

Globalement, la valeur moyenne obtenue pour l'acidité titrable est de  $13,16 \pm 3,83 D^\circ$  avec une limite minimale de  $8 D^\circ$  et une limite maximale de  $19 D^\circ$ . Cette dernière est enregistrée pour le fromage « La vache qui rit » (Figure 5).

Dans une étude publiée par Frohlich et al. (2007), un abaissement ciblé du pH (augmentation de l'acidité) permet la libération du  $Ca^{2+}$  lié aux micelles de caséine, cette étape est déterminant lors de la fabrication des fromages fondus.

Dans le même sens, Frohlich et al. (2007) ont signalé que plus l'acidification est importante, plus le calcium lié sera solubilisé et extrait de la matrice de caséine.

En outre, Lenoir et al. (1997) ont confirmé que l'acidification favorise la réaction d'agrégation par suite de la diminution de la stabilité des micelles, liée à la neutralité des charges négatives et de la libération d'ions de calcium.

D'après Agranier et al.(1997), la teneur d'acidification offre une opportuniste de développement aux bactéries productrices de gaz et présente donc un risque de gonflement précoce du fromage.

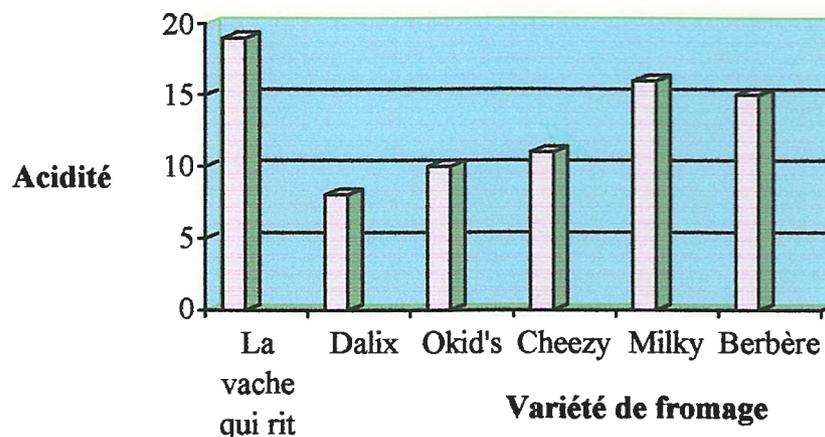
Maisnier et Richard (1995), rappellent que les bactéries pathogènes présentent un taux de croissance maximum lorsque les valeurs de pH sont voisines de la neutralité, au delà de ces valeurs, leur croissance diminue de façon significative.

Les résultats de l'acidité des différentes variétés étudiées sont présentés dans le tableau (9).

**Tableau n°9:** Evaluation de l'acidité Dornic des fromages fondus (%).

Variétés de fromage	Régions			Moyenne	Signification statistique
	Jijel	El-milia			
<b>La vache qui rit</b>	20,66	17,33		19	S
<b>Dalix</b>	8,66	7,33		8	
<b>Okid's</b>	11,66	8,33		10	
<b>Cheezy</b>	12	10		11	
<b>Milky</b>	17	15		16	
<b>Berbère</b>	16	14		15	
<b>Signification statistique</b>	S				

S : significative.



**Figure n°5 :** Variation de l'acidité titrable selon les variétés de fromage fondu.

## II-1-3- Résultats de la teneur en matière sèche, humidité, matière minérale, matière organique, et matière protéique:

### II-1-3-1-Résultats de la teneur en matière sèche « MS » :

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en matière sèche varient d'une façon significative selon les variétés de fromage fondu, ainsi que les régions ( $P > 0,05$ ).

Pour l'extrait sec total (ou la matière sèche), les valeurs mesurées pour les six variétés de fromage fondu varient entre 39 et 54 gramme pour 100 gramme de fromage avec une valeur moyenne de 46,83 gramme pour 100 gramme (**Figure 6**). Ces valeurs répondent aux normes de fromagerie car selon **Appelbaun et al. (1981)**, un fromage quel que soit sa nature doit contenir au moins 23 g de matière sèche pour 100 gramme de fromage.

De même les résultats de la teneur en matière sèche répondent à la législation française qui définit les fromages fondus (40 gramme pour 100 gramme de produit fini), (**JORF, 2007**), sauf dans le cas du fromage « Milky » qui a une valeur de MS légèrement inférieure à celle citée dans l'article (04) du décret n° 2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères (**JORF, 2007**).

Les résultats ont montré que le fromage « la vache qui rit » est plus riche en MS, avec une valeur de 54%, par rapport aux autres fromages. Cette richesse est probablement due à la teneur des matières premières (fromages et lait en poudre...) en matière sèche. Aussi, le fromage « Dalix » et « cheezy » ont la même teneur en MS (48%).

En effet, la matière sèche offre au fromage les caractères réologiques du gel (**Lenoir et al. 1997**). Dans le même sens, **Mathlouthi et al. (1983)** ont confirmé qu'une teneur en eau dans le fromage ( $> 37\%$ ) peut entraîner une grande souplesse de la pâte fromagère.

[Comme le fromage naturel est la matière première du fromage fondu, **Ramet (1997)** a confirmé que] pour obtenir des fromages à forte teneur en matière sèche, il convient de travailler le gel rapidement pour pouvoir appliquer les traitements physiques de l'égouttage avec le maximum d'efficacité.

Les résultats de la teneur en matière sèche sont résumés dans le tableau (10).

Tableau n°10 : Evaluation de la teneur en matière sèche des fromages fondus (%).

	Régions		Moyenne	Signification statistique
	Jijel	El-milia		
Matière sèche	Variétés de fromage			
	La vache qui rit	54	54,33	54
	Dalix	49,33	46,66	48
	Okid's	42,66	43,33	43
	Cheezy	47,33	48,66	48
	Milky	38,66	39,33	39
	Berbère	48,66	49,33	49
Signification statistique	S			

S : significative.

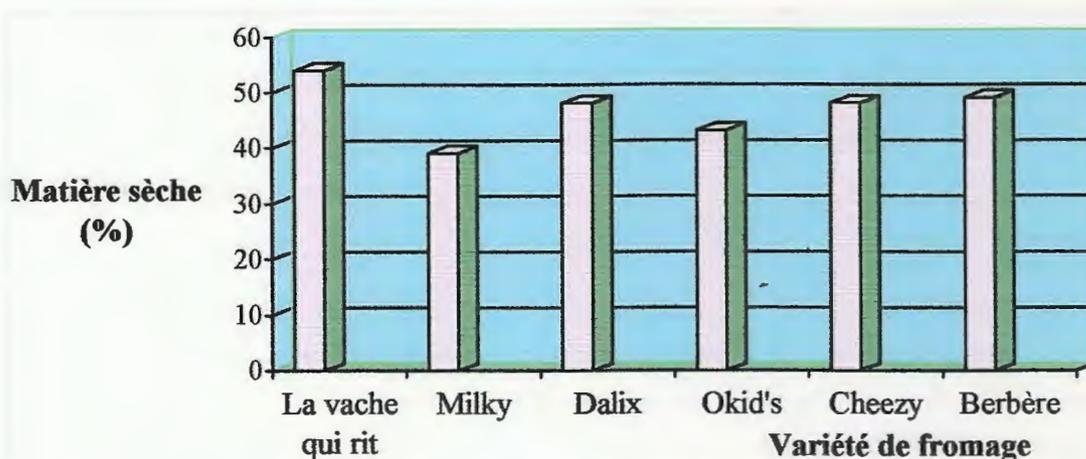


Figure n°6 : Variation de la « MS » selon les variétés du fromage fondus.

### II-1-3-2- Résultats du taux d'humidité :

L'analyse de variance a montré que les résultats du taux d'humidité varient d'une manière significative selon les variétés du fromage ainsi que les régions ( $P > 0,05$ ).

Les valeurs du taux d'humidité déterminées au cours de cette étude sur un total de six marques de fromage fondu sont présentées dans le tableau (11). Les valeurs extrêmes trouvées sont de 61 % et 46 % avec une valeur d'humidité moyenne de  $53,16 \% \pm 4,81\%$ . (Figure7).

Ces valeurs sont nettement supérieures à celle citée par Lee et al. (1980) et qui est de 48 % en maximum. Il faut noter que le fromage de type « la vache qui rit » reste dans la norme avec valeur d'humidité de 46%.

Au vu de ces résultats, on constate que les fromages « Dalix » et « Cheezy » ont la même valeur d'humidité qui est de 52% alors que le fromage « Milky » apparaît le plus humide avec une valeur de 61%.

En effet l'humidité des fromages est liée à leur teneur en matière sèche, c'est-à-dire, un fromage très riche en matière sèche apparaît le moins humide.

Selon **Di caprino (2002)**, une  $a_w$  élevée favorise le développement des bactéries contaminantes, il n'est donc pas souhaitable de rechercher des  $a_w$  les plus élevées possibles pour des raisons de risques sanitaires. De même, les fromages fondus étant destinés à la conservation, il est souhaitable de réduire la teneur en eau afin de ralentir toute activité microbienne (**Ramet, 1985**).

D'après **Choisy et al. (1997)**, l'abaissement de l'activité de l'eau ralentit l'activité enzymatique, il augmente la durée de la phase de latence des micro-organismes et diminue sélectivement leur vitesse de croissance. Dans le même sens, **Gigon et al. (2006)** ainsi que **Agranier et al. (1997)**, ont montré que le salage complète l'égouttage de la matière première (fromage naturel) du fromage fondu et règle la teneur en eau et ce-ci va influencer le développement des micro-organismes et les actions enzymatiques.

En effet, la dépression de l'  $a_w$  limite les possibilités de croissance de la majorité des bactéries et rend le substrat (fromage) très sélectif vis-à-vis de la prolifération de la plus part des moisissures et des levures (**Ramet, 1997**). Ainsi le même auteur a montré que sur les fromages à  $a_w$  élevé, tous les types de germes peuvent croître aisément, par contre, pour le produit possédant une  $a_w$  plus basse, seules les levures, les moisissures et certaines bactéries peuvent se développer facilement. Donc, la régulation de l'  $a_w$  du fromage constitue un moyen d'action très sélectif pour maîtriser la microflore du fromage.

En outre, l'ajustement de la teneur en eau du fromage est primordial, elle détermine directement les rendements fromagères et les propriétés physiques et organoleptiques de la pâte (**Ramet, 1997**). Lorsque la pâte des fromages est trop molle ou trop collante, la forme des meules devient instable et l'aptitude à la coupe diminue (**Frohlich et al., 2007**).

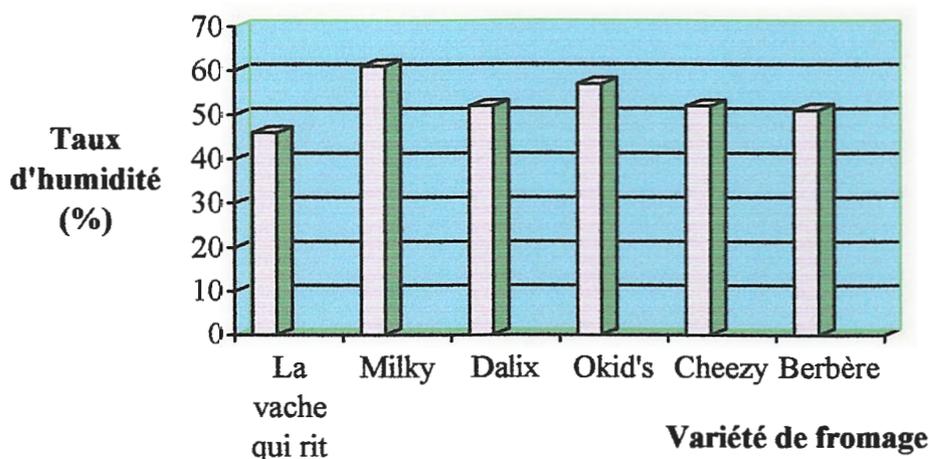
Par ailleurs, l'eau est probablement le facteur qui influence le plus l'aptitude à la fonte du fromage : une teneur en eau élevée influence positivement l'aptitude à la fonte. Cependant, il n'est pas possible d'augmenter cette teneur à volonté sans que la qualité ne soit pas altérée (**Frohlich et al., 2007**).

Les valeurs du taux d'humidité obtenues sont résumées dans le tableau (11).

**Tableau n°11:** Evaluation du taux d'humidité des variétés de fromages fondus analysées (%).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés de fromages				
Taux d'humidité	La vache qui rit	49	43	46	S
	Milky	60	62	61	
	Dalix	51,33	52,66	52	
	Okid's	64	50	57	
	Cheezy	51	53	52	
	Berbère	51	52	51	
	Signification statistique	S			

S : significative.



**Figure n°7 :** Variation de taux d'humidité selon les variétés de fromages fondus.

### II-1-3-2-Résultats de la teneur en matière minérale « MM »:

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en matière minérale varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

Pour la matière minérale, les valeurs mesurées pour toutes les variétés sont comprises entre 1 et 3% avec une valeur moyenne globale de  $2,5 \pm 0,76$  %. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles rapportées par Lee et *al.* (1980) qui est de 6 g pour 100 g de produit fini.

Les résultats relatifs à ce paramètre (MM) ont montré que quatre variétés de fromage fondu et qui sont : « la vache qui rit », « Milky », « Okid's » et « Cheezy », ont la même teneur en MM dans la limite de 3%. Par contre les deux autres variétés ont des valeurs différentes : 2% pour le fromage « Dalix » et 1% pour le fromage « Berbère » (Figure 8).

En effet, la richesse des quatre variétés de fromage fondu, cités en haut, est probablement due à la richesse de la matière première en sels minéraux ainsi qu'à l'utilisation des sels de fonte.

D'après Jakob *et al.* (2008) et Gueguen (1997), la substance minérale la plus importante dans le fromage est le calcium. Les fromages sont une source intéressante de potassium, de zinc constituant ou activateur de nombreuses enzymes, d'iode et de sélénium. En revanche, ils sont pauvres en fer et en magnésium.

Selon Gueguen (1997), une partie du sodium des fromages fondus provient des sels de fonte, notamment de polyphosphate de sodium.

En outre, moins le fromage contient de calcium, son aptitude à la fonte est meilleur. C'est avant tout le calcium lié qui influence négativement la fonte (Frohlich *et al.*, 2007).

Selon Di caprino (2002), la connaissance de la quantité de calcium et de phosphore dans le fromage permet d'avoir une idée concernant le niveau de minéralisation. Cela indique aussi le degré de pouvoir tampon du fromage (capacité de neutraliser à un pH très bas). Un caillé fortement minéralisé aura un pH stable ce qui va influencer sa durée de vie.

Les résultats de la teneur en matière minérale sont présentés dans le tableau (12).

**Tableau n°12:** Evaluation de la teneur en matière minérale des fromages fondus (%).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variété de fromages				
Matière minérale	La vache qui rit	2,33	3,66	3	S
	Milky	3,66	2,33	3	
	Dalix	1,66	2,33	2	
	Okid's	2,66	3,33	3	
	Cheezy	4	2	3	
	Berbère	0,5	1,5	1	
	Signification statistique	S			

S : non significative.

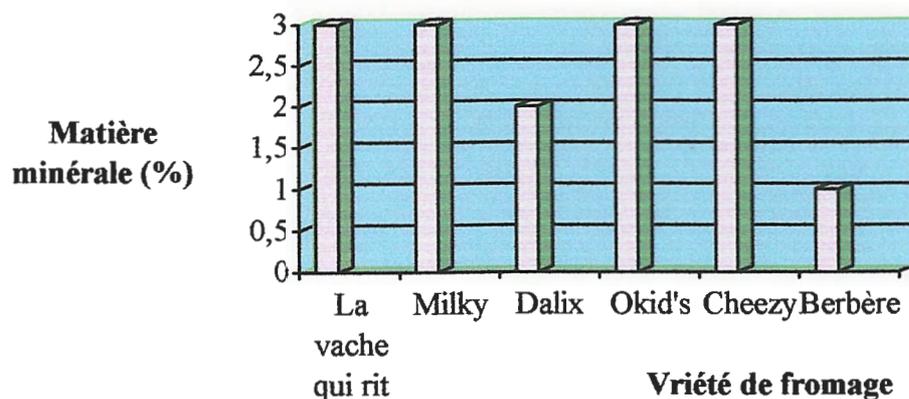


Figure n°8: Variation de la « MM » selon les variétés de fromage fondu.

### II-1-3-3-Résultats de la teneur en matière organique « MO » :

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en matière organique varient d'une façon significative selon les régions et les variétés de fromages fondus ( $P > 0,05$ ).

Les valeurs de « MO » des différents échantillons de fromage fondu varient considérablement entre 36% comme valeur minimale enregistrées dans le cas du fromage fondu « Milky » et 51% de « MO » comme valeur maximale pour le fromage fondu « La vache qui rit » avec une valeur moyenne globale de  $44,33 \pm 5,02$  % (Figure9).

La richesse de ces fromages en matière organique est liée directement à leur richesse en matière sèche.

Les résultats de ce paramètre sont résumés dans le tableau (13).

Tableau n°13 : Evaluation de la teneur en matière organique des fromages fondus (%).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés de fromages				
Matière organique	La vache qui rit	53,33	52	51	S
	Milky	41,66	37	36	
	Dalix	46,33	45,66	46	
	Okid's	39,39	40,66	40	
	Cheezy	44,33	46	45	
	Berbère	47,38	48,66	48	
	Signification statistique	S			

S : significative.

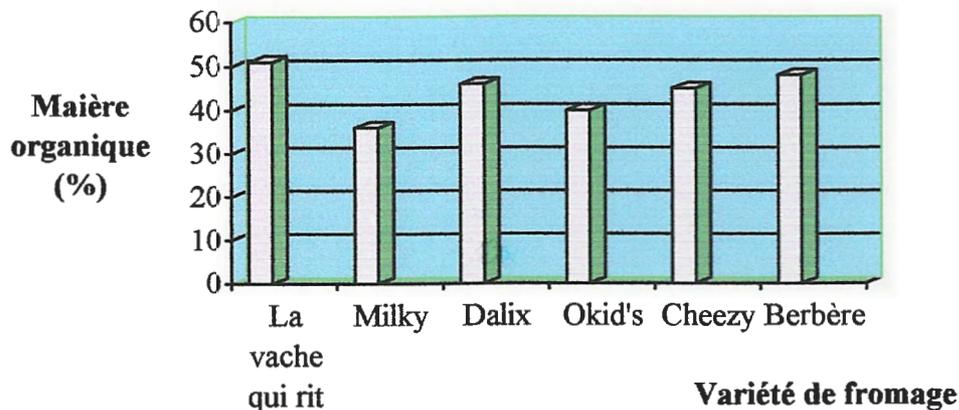


Figure n°9 : Variation de la « MO » selon les variétés de fromage fondu.

#### II-1-3-4-Résultats de la teneur en matière protéique :

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en matière protéique varient d'une manière non significative selon les régions de fromage fondu ( $P < 0,05$ ), et d'une manière significative selon les variétés ( $P > 0,05$ ).

Pour la matière azotée (teneur en protéines), les valeurs obtenues pour ce paramètre varient relativement peu et sont inclus dans l'intervalle allant de 4,47 % jusqu'à 6,38% avec une valeur moyenne globale de  $5,10 \pm 0,65\%$  (Figure 10). Ces valeurs sont nettement inférieures à la valeur des protéines citée par Lee et al. (1980) et qui est de 20%.

Au vu de ces résultats (tableau 14), il apparaît que le fromage « La vache qui rit » et celui de « Cheezy » ont la même teneur protéines (5,10%), de même le fromage « Dalix » et le fromage « Berbère » ont une valeur similaire de la matière protéique (4,79%), alors que les fromages « Milky » et « Okid's » ont des valeurs différentes 4,47% et 6,38% respectivement.

Les résultats obtenus lors de la détermination de la teneur en matière protéique sont présentés dans le tableau (14).

Tableau n°14: Evaluation de teneur en matière protéique des fromages fondus (%).

Variétés de fromages	Régions		Moyenne	Signification statistique
	Jijel	El-milia		
La vache qui rit	5	5,2	5,10	NS
Milky	4,45	4,49	4,47	
Dalix	4,70	4,88	4,79	
Okid's	6,30	6,46	6,38	
Cheezy	4,99	5,21	5,10	
Berbère	4,85	4,73	4,79	
Signification statistique	S			

NS : non significative

S : significative.

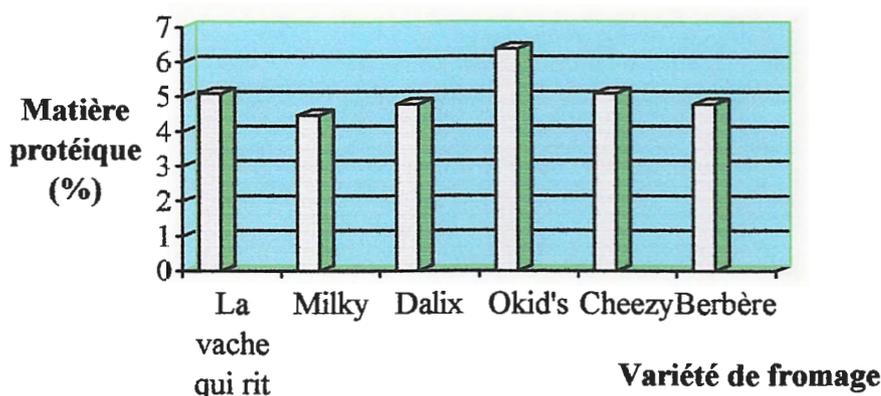


Figure n°10 : Variation de la teneur en matière protéique selon les variétés de fromage fondu.

#### II-1-4-Résultats de la teneur en matière grasse (MG), l'extrait sec dégraissé (ESD) et le rapport gras / sec (G/S) :

##### II-1-4-1-Résultats de la teneur en matière grasse (MG) :

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en matière grasse varient d'une façon significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

Du tableau, il ressort que la teneur en matière grasse présente des variations irrégulières d'une variété à une autre allant de 10 à 27% avec une moyenne globale de  $17 \pm 5,86\%$  (Figure 11), ce qui est tout à fait normal. Cette variabilité dans la teneur en matière grasse trouve son explication dans la technologie de fabrication.

Les valeurs de matière grasse observées ne répondent pas à la norme fixée à 40 % de matière grasse au minimum (JORF, 2007). De même ces résultats de MG ne sont pas en accord avec ceux rapportés par Veisseyre (1979) et Gérard (1994) qui signalent que les fromages fondus peuvent contenir de 40 % à 70 % de matière grasse.

Il faut cependant noter que les valeurs indiquées sur les conditionnements ou les panneaux lorsque le fromage est vendu en vrac, ne correspondent pas aux valeurs réelles de matière grasse mais aux quantités de matière grasse contenues dans 100 g d'extrait sec (Veisseyre et Lenoir, 1992 ; Vireling, 1999).

D'après le tableau, les fromages : « Milky », « Dalix », et « Cheezy » présentent presque les mêmes valeurs de MG, ainsi que les fromages « Okid's » et « Berbère ».

Au vu de ces résultats, le fromage « La vache qui rit » présente un taux butyreux plus élevé (27%) par rapport aux taux des autres fromages, ce qui permet de le classer en premier lieu de point de vue richesse en matière grasse.

Vignola (2002) a montré que la matière grasse est un paramètre important dans la formation de la structure du fromage fondu. De même elle est très intéressante dans la fabrication d'arômes ainsi que dans la souplesse de la texture de la pâte (Di caprino, 2002).

Selon Patart (1987), il y a unanimité des auteurs pour considérer que la matière grasse n'est pas altérée par la fonte et que les globules gras dans le fromage fondu sont protégées par une enveloppe constituée essentiellement de paracaséinate de sodium remplaçant l'ancienne membrane.

Les résultats de la teneur en matière grasse sont présentés dans le tableau (15).

**Tableau n°15:** Evaluation de la teneur en matière grasse des fromages fondus (%).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variété de fromages				
Matière grasse	La vache qui rit	25	29	27	S
	Milky	10	12	11	
	Dalix	12	8	10	
	Cheezy	13	17	15	
	Okid's	11	11	18	
	Berbère	20	22	21	
	Signification statistique	S			

S : significative.

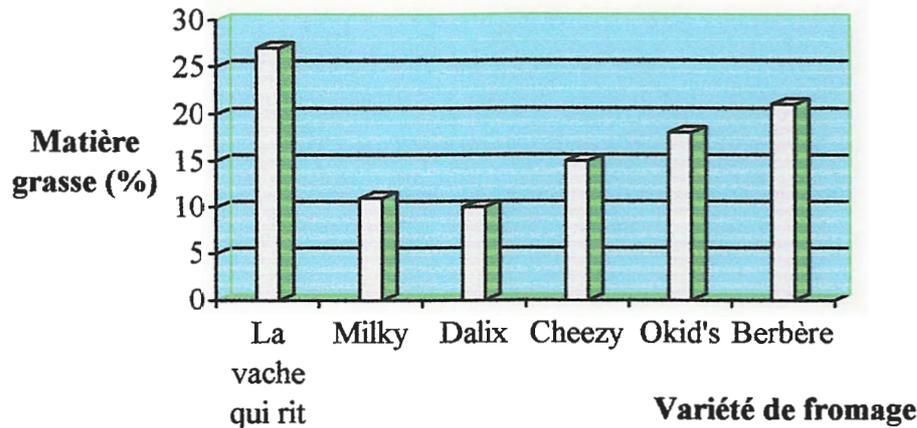


Figure n°11 : Variation de la « MG » selon les variétés de fromages fondus.

#### II-1-4-2-Résultats de la teneur en extrait sec dégraissé (ESD) :

L'analyse de variance a montré que les résultats de la teneur en extrait sec dégraissé varient d'une façon significative selon les régions et les variétés de fromage ( $P > 0,05$ ).

Pour l'extrait sec dégraissé, sa teneur varie entre 25 et 38 % avec une moyenne globale de  $29,83 \pm 4,39$  % (Figure 12).

A partir du tableau (16), on constate que le fromage « Dalix » a la valeur de l'ESD la plus élevée (38%), alors que le fromage « Okid's » présente une valeur minimale (25%). De même, il ressort du tableau que les fromages « Milky » et « Berbère » ont la même teneur en ESD (28%).

Selon Linden et al. (1985), le rôle de la matière grasse dans le développement des qualités organoleptiques des fromages apparaît déterminant. Un fromage fait avec un lait écrémé, peut être totalement dépourvu d'arôme et ne présente pas les caractères organoleptiques typiques du fromage.

Les résultats de ce paramètre sont résumés dans le tableau (16).

Tableau n°16: Evaluation de la teneur en extrait sec dégraissé des fromages fondus (%).

Extrait sec dégraissé	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés de fromage				
	La vache qui rit	29	25,33	27	S
	Milky	28,66	27,33	28	
	Dalix	37,33	38,66	38	
	Cheezy	34,33	31,66	33	
	Okid's	31,66	32,33	25	
	Berbère	28,66	27,33	28	
	Signification statistique	S			

S : Significative

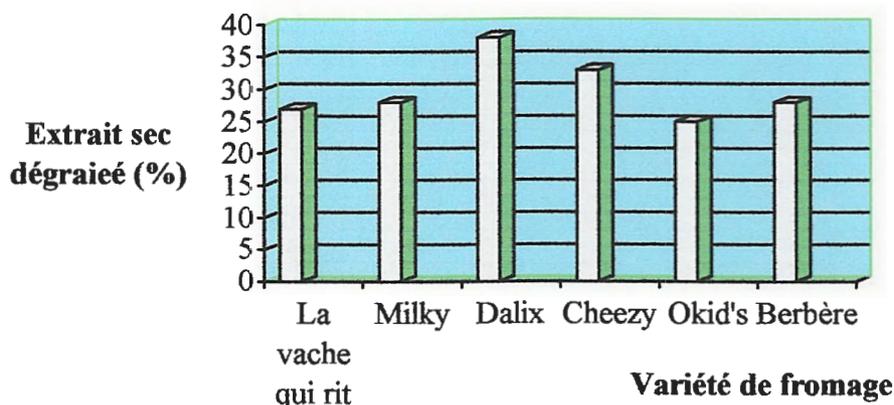


Figure n°12 : Variations de l'ESD selon les variétés de fromage fondu.

### II-1-4-3- Résultats du rapport Gras/Sec (G/S) :

L'analyse de variance a montré que les résultats du rapport G/S varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromages fondus ( $P > 0,05$ ).

Les valeurs du rapport « G/S » des échantillons étudiés (tableau 17), présentent une certaine différence, celle de l'échantillon « La vache qui rit » présente la valeur la plus élevée (50%) alors que la valeur minimale est enregistrée avec l'échantillon « Dalix » (Figure 13).

Du tableau (17), il en ressort que les valeurs du rapport « G/S » pour les fromages « la vache qui rit », « Okid's » et « Berbère » obéissent toutes à celle indiquée par Uhlmann (1985) concernant les fromages fondus (et pour tartine) et qui doivent contenir un minimum de 40% de matière grasse dans l'extrait sec. Par contre, les autres fromages (Dalix, Milky et Cheezy) ont un rapport faible par rapport à la valeur indiquée par Uhlmann (1985).

La variation du taux gras sur sec est relativement limitée et témoigne d'une faible lipolyse au cours de la conservation.

**Berdague et al. (1990)** cité par **Hassouna et Masrar (1995)** ont montré que la lipolyse globale ne touche qu'environ 1 à 1,5 % des acides gras totaux des fromages à pâte pressée type Gruyère en voie de maturation.

D'après une étude publiée par **Jaubert (1997)**, ce dernier rapporte que la structure et les qualités sensorielles du fromage sont conditionnés par la quantité de matière grasse présente que l'on mesure par le rapport matière grasse/matière sèche (ou G/S), ainsi que son état de dégradation (lipolyse).

Selon **Eck et Gillis (2006)**, les différences du rapport « G/S » selon les formulations, permet l'obtention de produit dans une large gamme de textures fluides à ferme, tartinable à tranchable.

Les résultats du rapport Gras/Sec des six variétés de fromage fondu étudiées sont résumés dans le **tableau (17)**.

**Tableau n°17:** Evaluation du rapport Gras/Sec des fromages fondus (%).

	Régions	G/S indiqué sur l'emballage	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés					
Rapport G/S	La vache qui rit	50	46,3	43,42	50	S
	Okid's	40	25,7	32,33	41,86	
	Dalix	35	37,33	17,15	20,83	
	Milky	45	26,30	30,5	20,20	
	Cheezy	40	27,53	34,93	31,25	
	Berbère	40	44,59	41,09	42,25	
	Signification statistique	S				

S : significative.

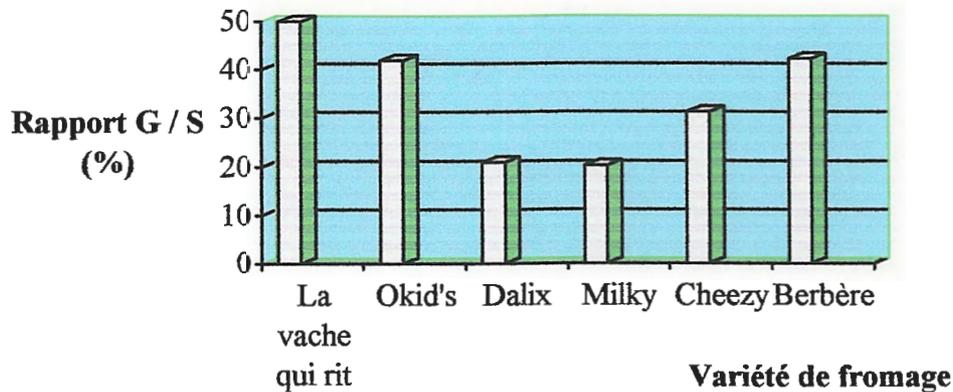


Figure n°13 : Variation du rapport G / S selon les variétés de fromage.

## II-2-Résultats du Contrôle microbiologique :

Les contrôles microbiologiques aux quels sont soumis les fromages, sont basés essentiellement sur la recherche des germes pathogènes ou potentiellement dangereux pour le consommateur et l'identification des germes qui peuvent être à l'origine des défauts de fabrication des fromages (Eck et Gillis, 2006).

### II-2-1-Résultats de la recherche et dénombrement des flores :

#### II-2-1-Résultats du dénombrement de la flore totale mésophile :

L'analyse de variance a montré que les résultats du dénombrement de la flore totale mésophile, varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

Du tableau, la valeur moyenne de cette flore pour toutes les variétés de fromages étudiées est de  $74,33.10^2 \pm 65.10^2$  UFC/g.

Les résultats montrent que le fromage « Milky » apparaît le plus contaminé en ce qui concerne cette flore avec une valeur de  $199.10^2$  UFC/g, ensuite celui de Okid's ( $177,5.10^2$  UFC/g) et finalement ceux de « Dalix », « Cheezy », « Berbère » et « La vache qui rit » ( $55.10^2$  UFC/g,  $51.10^2$  UFC/g,  $15.10^2$  UFC/g et  $8,5.10^2$  UFC/g respectivement) (Figure14).

Selon Guiraud (1998), les données concernant la flore « globale » n'ont que peu de signification, en raison de la présence d'une flore habituelle et normale.

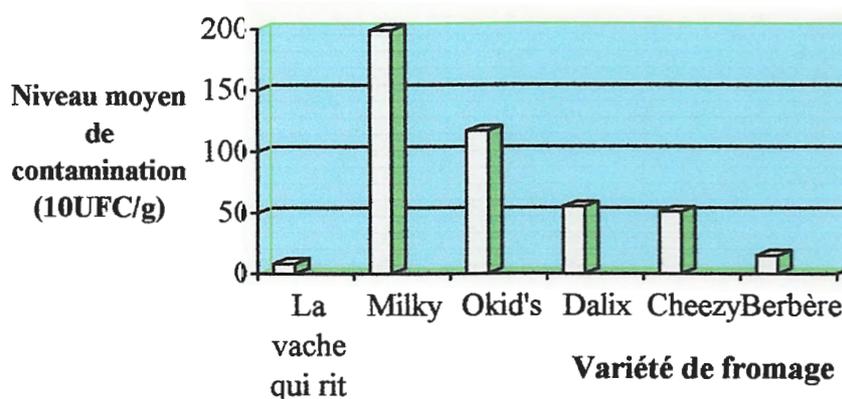
En effet, cette charge en micro-organismes correspond pour une large part à la population initiale des pâtes fromagères utilisées en fabrication, aux conditions de fabrication ainsi qu'à l'âge des fromages.

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le **tableau (18)**.

**Tableau n°18 :** Evaluation de nombre de la flore totale mésophile des fromages fondus (UFC/g).

Flore totale mésophile	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés				
	La vache qui rit	11.10 <sup>2</sup>	6.10 <sup>2</sup>	8,5.10 <sup>2</sup>	S
	Milky	218.10 <sup>2</sup>	180.0 <sup>2</sup>	199.10 <sup>2</sup>	
	Okid's	95.10 <sup>2</sup>	139.10 <sup>2</sup>	117.10 <sup>2</sup>	
	Dalix	65.10 <sup>2</sup>	45.10 <sup>2</sup>	55.10 <sup>2</sup>	
	Cheezy	31.10 <sup>2</sup>	71.10 <sup>2</sup>	51.10 <sup>2</sup>	
	Berbère	9.10 <sup>2</sup>	24.10 <sup>2</sup>	15.10 <sup>2</sup>	
	Signification statistique	S			

S : Significative.



**Figure n°14 :** Variation du niveau de contamination moyenne par la flore totale mésophile des échantillons du fromage fondu.

#### II-1-2-2- Résultats du dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérants:

L'analyse de variance a montré que les résultats du dénombrement des coliformes totaux (CT) et les coliformes thermorésistants (CTT), varient d'une manière non significative selon les régions et les variétés de fromages fondus ( $P < 0,05$ ).

Du **tableau (19)**, il ressort que les coliformes totaux (CT) et les coliformes thermotolérants (CTT) sont absents dans toutes les variétés de fromages étudiés.

Les coliformes sont des indicateurs de la propreté des manipulations et de la propreté des locaux et du matériel utilisé. Quant aux (CTT), ce sont des témoins d'une contamination fécale due à une mauvaise hygiène du personnel et à une absence de la propreté des locaux et du matériel (Guiraud, 1998).

En effet, le JORA (2000) a fixé une valeur de coliformes totaux comprise entre 10 et 100 UFC/g de produit (fromage). Par comparaison de nos résultats avec la norme, on a constaté que ces résultats répondent à cette norme. D'autre part, le même Journal (2000), a fixé une valeur pour les coliformes fécaux et qui est de 1 à 10 UFC/g de produit, donc nos résultats sont inférieurs à cette norme, mais ils restent conformes.

Selon Richard *et al.* (1997), les coliformes peuvent provoquer lorsqu'elles sont en grand nombre dans le lait, des défauts d'aspect (gonflement) et de goût dans les fromages. Elles ont en commun la propriété de fermenter le lactose avec production d'acide, de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et surtout d'hydrogène (H<sub>2</sub>) qui a une très faible solubilité dans le fromage, ce qui favorise le gonflement (Berger *et al.*, 1997).

Dans le même sens, Grappin *et al.* (1997) a confirmé que les coliformes provoquent un gonflement, trous de 1 à quelques mm, goût et odeurs indésirables.

Par ailleurs, d'après Larpent (1990), la présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale, certains coliformes sont en effet, présents dans les résidus organiques humides rencontrés éventuellement au niveau de l'équipement laitier.

Les résultats du dénombrement de ces flores sont résumés dans le tableau (19).

**Tableau n°19 :** Evaluation du nombre des coliformes totaux et les coliformes thermotolérants dans les fromages fondus (UFC/g).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés				
CT et CTT	La	abs	abs	00	NS
	vache qui rit				
	Milky	abs	abs	00	
	Okid's	abs	abs	00	
	Dalix	abs	abs	00	
	Cheezy	abs	abs	00	
	Berbère	abs	abs	00	
Signification statistique	NS				

NS : Significative.

abs : absence

### II-1-2-3-Résultats du dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur:

L'analyse de variance a montré que les résultats du dénombrement des Clostridium, varient d'une manière non significative selon les régions et les variétés ( $P < 0,05$ ).

Les résultats montrent l'absence totale de Clostridium sulfito-réducteur dans tous les échantillons étudiés et sont donc en accord avec les résultats du dénombrement des coliformes dans ces produits.

L'absence de ces germes se présente comme un avantage pour la qualité hygiénique et marchande de ces produits étant donné qu'ils sont responsables de dégradations et de modifications du goût et d'odeur (Guiraud, 1998).

Selon Cerf et Berger (1968), les Clostridium sulfito-réducteurs provoquent des défauts dans les fromages fondus et peuvent les rendre inconsommables. D'après Desmazeaud (1997), la flore butyrique provoque des gonflements tardifs des fromages, accompagnés de défauts de goût. L'agent responsable est *Clostridium tyrobutyricum*, un très faible nombre de spores de *Clostridium tyrobutyricum* dans le lait peut entraîner des défauts sérieux dans les fromages. Les Clostridium forment de l'acide butyrique et de larges volumes de gaz d'hydrogène en fermentant l'acide lactique. Ce gaz détruit complètement la texture du fromage (gonflement) (Kosikowski et al., 1997).

En effet se sont les gaz de *Clostridium* :  $CO_2$ ,  $H_2$ , notamment ce dernier, qui provoque le gonflement des fromages et peuvent les déformer voire même les faire éclater, alors que l'acide butyrique leur communique un goût et une odeur désagréable à partir d'une certaine concentration. Le gonflement butyrique peut atteindre les fromages fondus lorsque la pâte ne subit pas un fort chauffage (Berger et al., 1997 ; Chamba et Cretin, 1990).

Les résultats du dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur sont résumés dans le tableau (20).

**Tableau n°20 :** Evaluation du nombre de Clostridium sulfito-réducteur dans les fromages fondus (UFC/g).

	Régions	Jijel	El-milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés				
<i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	La vache qui rit	abs	abs	00	NS
	Milky	abs	abs	00	
	Okid's	abs	abs	00	
	Dalix	abs	abs	00	
	Cheezy	abs	abs	00	
	Berbère	abs	abs	00	
	Signification statistique	NS			

NS : non Significative.

abs : absence

#### II-1-2-4- Résultats de la recherche des Streptocoques fécaux :

Dans un premier lieu, nous avons fait un test présomptif par l'ensemencement du milieu de « Rothe », l'incubation est faite à 37°C /24H. Ensuite nous avons fait un autre test confirmatif par l'ensemencement du milieu Eva-litsky.

L'apparition d'un trouble microbien dans le milieu Litsky sera traduite par la présence de streptocoques fécaux. Or, le trouble n'est pas détecté pour tous les échantillons étudiés.

D'après Kurmann (1966), *Streptocoques feacalis* a comme avantage d'empêcher la multiplication d'une mauvaise flore bactérienne provenant de l'infection du lait, ainsi c'est une moyenne de lutte, nouveau et complémentaire pour éviter les différents défauts (ouverture, arôme, pâte).

Par ailleurs, une infection trop forte par *Streptocoque feacalis* diminue la qualité du fromage : le plus souvent une sur acidification du fromage (pâte trop acide et trop fine), perturbation de l'acidification (retardement) ainsi que l'arôme du fromage fabriqué serait aussi influençable (moins bon) Kurmann (1966).

#### II-1-2-5 Résultats de la recherche de *Salmonella* :

La recherche de la salmonella a été effectuée sur milieu liquide « SFB », ensuite, l'incubation est faite à 37 °C pendant 24 h. Par la suite, un isolement sur milieu solide Hektöen a été réalisé afin de confirmer la présence de *Salmonella*. L'incubation à 37°C pendant 24h a révélé l'absence des colonies.

Ces résultats sont conformes à la norme algérienne qui exige l'absence totale de la *Salmonella* dans les fromages (JORA, 2000).

D'après Hamama (1989), la présence de *Salmonella* dans le fromage a une signification hygiénique très importante étant donné que toute *Salmonella* est considérée comme potentiellement pathogène pour l'homme. La contamination du fromage fondu par *Salmonella* peut avoir lieu au cours de sa préparation particulièrement à partir des manipulations ou de la vaisselle laitière probablement contaminée.

En effet, la pasteurisation est suffisante pour tuer un nombre élevé de Salmonelles. La contamination des fromages pasteurisés est donc une contamination post-pasteurisation (Letendeur, 1997).

#### II-1-2-6- Résultats de la recherche et l'identification des *Staphylococcus aureus* :

Dans un premier lieu nous avons fait un enrichissement par ensemencement du milieu liquide Giolitti-Contoni additionné de tellurites de potassium. L'incubation à 37 °C pendant 24 h a entraîné le virage de la couleur du milieu au vert pour deux échantillons seulement (Okid's et Cheezy). Ce verdissement est dû à la réduction des tellurites en tellures, il peut être le résultat d'une présence probable de *Staphylococcus aureus*. Pour confirmer cette présence nous avons fait un isolement sur milieu solide, Chapman.

Après l'incubation à 37 °C/24 h, nous avons constaté l'apparition des colonies jaunes et de consistance caractéristique à celle de *Staphylococcus*.

Les résultats d'identification nous ont permis d'identifier deux souches de *Staphylococcus* sans confirmation que les germes sont des *Staphylococcus aureus*, à cause d'une absence des produits nécessaires à l'identification au laboratoire.

Selon Richard et al. (1997), les *Staphylocoques aureus* peuvent se multiplier dans le fromage et produire des substances toxiques dont les toxines sont détectables dans le fromage lorsque le nombre des germes y atteint 5 à 10 millions par gramme. En effet, la concentration en NaCl des fromages est insuffisante pour la croissance des *Staphylocoques* pathogènes puisque ces germes tolèrent une concentration en NaCl jusqu'à 20% alors que la concentration en NaCl de la plupart des fromages est comprise entre 1,6 et 2,5 % (Letendeur et al., 1997).

En outre, selon le même auteur, toute valeur d' $a_w$  supérieure ou égale à 0,95 permet le développement de toutes les bactéries pathogènes. Les *Staphylocoques* pathogènes se développent bien dans des produits à  $a_w$  compris entre 0,86 et 0,90.

**Tableau n°21** : Résultats de l'identification des souches de *Staphylococcus* isolées à partir du fromage fondu (Okid's et Cheezy).

Souche	Gram	Catalase	Genre
OK j	+	+	<i>Staphylococcus</i>
Che M	+	+	<i>Staphylococcus</i>

#### II-1-2-7-Résultats du dénombrement des levures et moisissures :

L'analyse de variance a montré que les résultats du dénombrement des levures et moisissures, varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

Du tableau (22), il ressort que la charge moyenne en levures et moisissures des variétés des fromages étudiées est de  $60,25 \pm 100,81 \cdot 10^2$  UFC/g. Pour ces fromages, on a observé que les fromages « Okid's » et « Cheezy » ont présenté le niveau de contamination le plus élevé ( $77,5 \cdot 10^2$  UFC/g et  $277 \cdot 10^2$  UFC/g respectivement). La valeur minimale observée étant de  $0,5 \cdot 10^2$  UFC/g de produit (fromage « La vache qui rit » et « Dalix ») (Figure 15).

Les levures et moisissures sont des éléments permanents de l'environnement (Bornarel et al., 1996), ils sont généralement responsables de l'arôme des fromages, car d'après Choisy et al. (1997), les levures, notamment celle fermentant le lactose, produisent à côté de l'éthanol des alcools supérieurs, des aldéhydes, des acides volatils et des esters qui contribuent au développement de la flaveur des fromages. Alors que les champignons contribuent à la formation d'arômes par leur activité enzymatique, ces arômes sont légèrement issus du catabolisme des protéines et des lipides (Spinnles et al., 1997).

Par ailleurs, si l'apparition et le développement des moisissures est souhaitable et nécessaire pour la fabrication de certains fromages à croûte moisies et fleuries, elle est indésirable à la surface des fromages fondus et traduit une contamination lors du conditionnement (Mathlouthi et al., 1983) : plusieurs espèces de penicillium peuvent être responsables de l'apparition de taches bleu-verdâtres plus au moins grandes, voir d'un envahissement total de la surface du fromage (accident du « bleu »). Alors que les levures provoquent le développement de poisseux de surface, goûts de lipolyse et rarement ouverture de la pâte (Grappin et al., 1997).

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (23).

**Tableau n°22 :** Evaluation du nombre des levures et moisissures dans les fromages fondus (UFC/g).

Levures et moisissures	Régions	Jijel	El- milia	Moyenne	Signification statistique
	Variétés				
	La vache qui rit	$10^2$	0	$0,5 \cdot 10^2$	S
	Milky	$1,5 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^2$	$10^2$	
	Okid's	$77 \cdot 10^2$	$78 \cdot 10^2$	$77,5 \cdot 10^2$	
	Dalix	$0,5 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^2$	$0,5 \cdot 10^2$	
	Cheezy	$207 \cdot 10^2$	$347 \cdot 10^2$	$277 \cdot 10^2$	
	Berbère	$7 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	
	Signification statistique	S			

S : Significative.

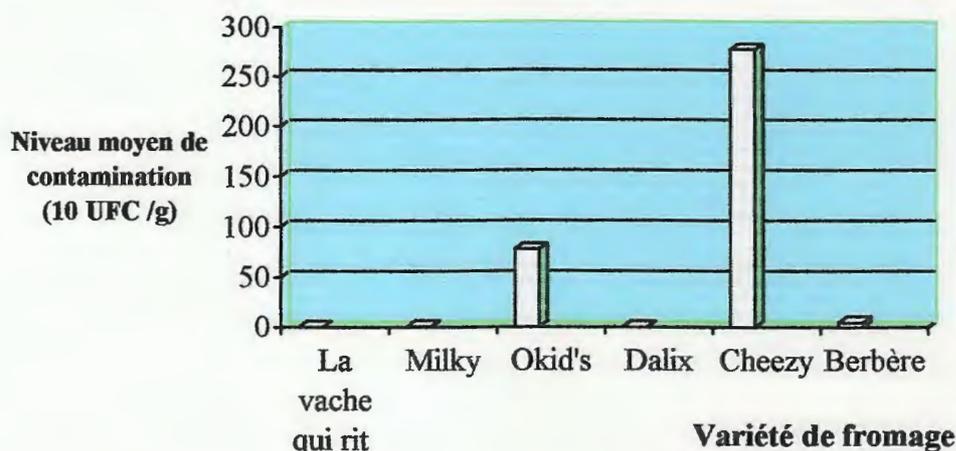


Figure n°15 : Variation de niveau de contamination moyenne par les levures et moisissures des échantillons de fromage fondu.

### II-3- Résultats du contrôle organoleptique :

L'analyse de variance a montré que les résultats du contrôle organoleptique, varient d'une manière significative selon les régions et les variétés de fromage fondu ( $P > 0,05$ ).

L'analyse sensorielle des ces variétés de fromages fondus a porté sur l'aspect, l'odeur, la texture, la structure et la saveur. L'évaluation de ces attributs est basée sur une échelle de pointage qui varie de 1 à 5.

Dans notre étude, l'échelle de variation des différentes notes attribuées à l'ensemble des fromages s'étend de 1,8 à 4,44.

L'analyse de l'aspect a permis d'attribuer aux différentes variétés de fromages fondus des notes qui varient de 1,6 à 4,2. Pour la structure et la texture, les fromages ont reçu des notes qui s'étendent respectivement de 1,8 à 4,6 et de 2 à 5. Quant à l'odeur et la saveur, les notes qui leur sont attribuées sont respectivement incluses dans les intervalles suivants : 1 - 4,2 et 1,6 - 4,8.

Les notes globales moyennes attribuées à chaque variété de fromage fondu sont présentées dans le tableau (23).

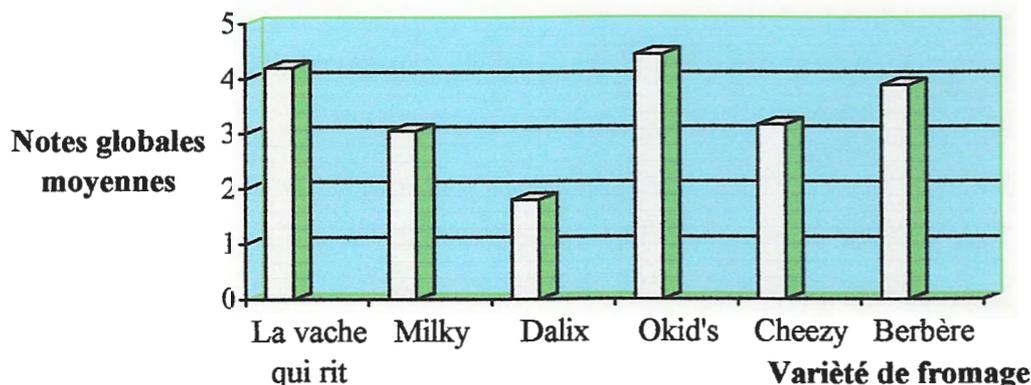
Du tableau, le fromage de type « Okid's » apparaît comme étant le meilleur pour une note moyenne de 4,44, suivi par celui de « La vache qui rit » (4,2), puis par celui de « Berbère » (3,88), « Cheezy » (3,16), « Milky » (3,04) et enfin celui de « Dalix » avec une note moyenne globale de 1,8 (Figure 16).

Les résultats de l'analyse sensorielle sont résumés dans le **tableau (23)**.

**Tableau n°23** : Distribution des notes obtenues lors du contrôle organoleptique des fromages fondus analysés.

Fromage fondu	La vache qui rit	Milky	Dalix	Okid's	Cheezy	Berbère
Note obtenue	4,2	3,04	1,8	4,44	3,16	3,88
Signification statistique	S					

S : Significative



**Figure n°16:** Variation des notes globales moyennes selon les variétés de fromage.

La qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mis en œuvre. Ces dernières dépendent elles même de nombreux facteurs d'amont (d'origine génétique, physiologique, alimentaire...) (Martin *et al.*, 2001).

En effet, les facteurs génétiques peuvent modifier les caractéristiques sensorielles des fromages, et en particulier leur texture, en raison d'abord des différences de rapport taux butyreux / taux protéique du lait entre les principales races (Vertés *et al.*, 1989 ; Martin *et al.*, 2001).

De même, certains fromagers observent fréquemment des différences de qualités sensorielles des fromages selon la nature des fourrages offerts aux animaux. Martin *et al.* (2001) ont ainsi mis en évidence des associations entre compositions floristiques des pâturages et caractéristiques sensorielles des fromages, alors que Bérodiér (1997) a montré qu'une plus grande diversité botaniques pouvait être associée à des arômes plus nombreux et plus varié des fromages.

En outre, la nature de la ration et le mode de conservation de l'herbe ont un effet sur la qualité sensorielle des fromages. Selon **Hurtaud et al. (2002)**, les fromages présentent d'importantes différences de caractéristiques sensorielles selon que le lait provient de vaches recevant une ration hivernale (à base de foin et d'ensilage d'herbe), ou conduite au printemps sur un pâturage de montagne.

Aussi, la composition botanique de l'herbe a un certain effet sur la qualité sensorielle des fromages, les fromages provenant des prairies d'altitude et / ou plus diversifiées ont présenté globalement un arôme plus diversifié et plus intense. La texture a été plus cohésive, élastique, et déformable en plaine qu'en montagne. Les fromages de montagne ont généralement présenté une saveur plus intense que ceux de plaine (**Collomb et al., 1999**).

Bien que l'analyse ne porte pas sur la couleur, il importe de signaler que la première différence perçue par les dégustateurs concerne cet attribut. En effet, le fromage de type « Berbère » se caractérise par leur couleur jaune à l'opposé des autres fromages.

En réalité, la couleur jaune d'un fromage n'est pas obligatoirement liée à la richesse de ce fromage en matière grasse, mais elle peut être due à l'utilisation du réactif « Rocou ».

# CONCLUSION

**Conclusion:**

Cette étude a pour objectif de déterminer la qualité microbiologique et physicochimique ainsi que la qualité organoleptique de six variétés de fromages fondus (La vache qui rit, Okid's, Berbère, Milky, Dalix et Cheezy).

Du point de vue microbiologique, la qualité de ces variétés reste satisfaisante sauf pour le cas des fromages "Okid's" et "Cheezy" qui sont contaminés par un agent "Staphylocoque".

La qualité physicochimique de ces variétés est satisfaisant pour des paramètres physiques (pH, matière sèche, humidité) et insatisfaisante pour d'autres paramètres (taux protéiques, matière grasse, matière minérale).

L'analyse sensorielle a affirmé que le fromage "Okid's" est le meilleur, alors que le fromage "Dalix" est de mauvaise qualité organoleptique. Donc, ces résultats sont compatibles avec la réputation de ces marques sur le marché local.

ANNEXE

## Annexe 01

### Milieu de culture

#### ➤ Gélose Chapman :

- Extrait de viande 1g
- Peptone 10g
- Chlorure de sodium 75g
- D mannitol 10g
- Rouge de phénol 25g
- Gélase 15g
- pH : 7.4

#### ➤ Eau physiologique stérile 9 %:

- NaCl 9g
- Eau distillée 1000ml

#### ➤ Milieu EVA-LISTY :

- Peptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Phosphate non potassique 2,7g
- Phosphate bi potassique 2,7g
- Azide de sodium 0,3g
- Ethyle violet 0,5g
- Eau distillée 1000ml
- pH =7

Stériliser à l'autoclave à 115 c° pendant 20min.

#### ➤ MILIEU GIOLITTI-CONTONI :

- Tryptone 10g
- Chlorure de lithium 5g
- Extrait de viande 5g
- Extrait de levure 5g
- Mannitol 2g
- Chlorure de sodium 5g
- Glycine 1.2g
- Pyruvate de sodium 3g
- pH= 6.9

➤ **Gélose Hektoen :**

- Protéase – peptone 12g
- Extrait de levure 3g
- Chlorure de sodium 5g
- Thiosulfate de sodium. 5g
- Sels biliaires 9g
- Citrate de fer ammoniacal 1.5g
- Salicine 2g
- Lactose 12g
- Saccharose 12g
- Fushine acide 0.1g
- Bleu de bromothymol 65mg
- Agar-agar 13mg
- pH= 7.6

➤ **Gélose nutritive :**

- Peptone 10g
- Extrait de viande 4g
- Chlorure de sodium 2.5g
- Gélatine 120g
- pH= 6.8

Stériliser à l'autoclave à 115 c° pendant 25min.

➤ **Gélose OGA :**

- Extrait de levure 5g
- Glucose 20g
- Gélose 16g
- pH =7

Stériliser à l'autoclave à 115 c° pendant 20min.

➤ **Gélose PCA :**

- Peptone pancréatique de caséine (tryptone) 5g
- Glucose anhydre 1g.
- Extrait de levure déshydratée 2.5g
- Lait écrémé en poudre 10ml
- Agar –agar 12-18g
- Eau distillée 1000ml

Stériliser à l'autoclave à 120 c° pendant 15 min.

➤ **Milieu de Rothe :**

<b>Composition</b>	<b>S/C</b>	<b>D/C</b>
• Peptone	20g	40g
• Glucose	05g	10g
• Chlorure de sodium	05g	10g
• Phosphate bi potassique	2.7g	5.4g
• Phosphate mono potassique	2.7g	5.4g
• Azide de sodium	0.2g	0.4g
• Eau distillée	1000ml	1000ml
• pH= 6.8-7.0		

Stériliser à l'autoclave à 115 c° pendant 20 min

➤ **Bouillon au sélénite de sodium « SFB »**

- Peptone 5g
- Lactose 4g
- Phosphate di sodique 10g
- sélénite acide de sodium 4g
- pH =7

➤ **Gélose V.F (Viande-Foie) :**

- Extrait viande-Foie 30g
- Glucose 2g
- Amidon 2g
- Agar-agar 12g
- pH=7.6

➤ **Gélose VRBG :**

- Peptone 7g
- Extrait de levure 5g
- Sels biliaires 1.5g
- Glucose 10g
- Chlorure de sodium 5g
- Rouge neutre 30mg
- Cristal violet 2mg
- Gélose 12g
- pH= 7.4

➤ **Gélose VRBL :**

- Peptone 7g
- Extrait de levure 5g
- Sels biliaires 1.5g
- Lactose 10g
- Chlorure de sodium 5g
- Rouge neutre 30mg
- Cristal violet 2mg
- Gélose 12mg
- pH= 7.4

## Annexe 02

- **Fushine :**
  - Fushine basique 1g
  - Alcool éthylique à 90% 10ml
  - Phénol 5g
  - Eau distillée 100ml
- **Lugol :**
  - Iode 1g
  - Iodure de potassium 2g
  - Eau distillée 300ml
- **Phénol phtaleine :**
  - Phénol 19g
  - Alcool 100ml
- **Reactif de Nessler :**
  - Iodure de potassium 70g
  - Iodure de mercure 100g
  - Potasse 100g
  - Eau distillée 1 litre.
- **Solution de NaOH (N/9) :**
  - Hydroxyde de sodium 4.4g
  - Eau distillée 100ml
- **Violet de gentiane :**
  - Violet de gentiane 1g
  - Ethanol à 90 % 10ml
  - Phénol 2g
  - Eau distillée 100ml

### Annexe 03

**Tableau 01 :** Donnés de la courbe d'étalonnage de l'azote

<b>SF : mg/l</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
<b>DO</b>	<b>0.401</b>	<b>0.791</b>	<b>1.101</b>	<b>1.502</b>	<b>1.882</b>

**Tableau 02 :** Questionnaire pour le contrôle organoleptique du fromage fondu

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bonne	Très bonne	observation
Aspect						
Odeur						
Structure						
Texture						
Saveur						
Note	1	2	3	4	5	

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

### A-B-C

- AFNOR., 1999.** Lait et produits laitiers. Tome2, 147.
- AFNOR., 1999.** Laits et produits laitiers. Tome1, 159.
- Agranier M., Desbois G., Maillet L.J., Pollet P., et Postec C.1997.** Le fromage de beaufort. *Polytech'lille*, 24,25.
- Alais C., et Linden G., 2003.** Biochimie alimentaire. 5<sup>ème</sup> édition, *DUNOD*, 183, 185.
- Amiot J., Fournier S., Lefbeuf Y., Paquin P., et Simpson R ., 2002.** Composition, propriétés physico-chimiques. Valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. IN: Science et technologie du lait. *Ecole polytechnique du Montréal*. 37, 49.
- Andrea M., 2005.** Stabilisation des systèmes protéiques laitiers. 371.
- Appelbaum M., Perlemuter L., Nillus P . F., et Begaun M., 1981.** Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition. *Masson*, 95.
- Beereus H., et Luquet F. M., 1987.** Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et des produits laitiers. *Tec et Doc, Lavoisier*, 38.
- Berger J.L., et Lenoir J., 1997.** Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages. In: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 526, 527.
- Berger T., Butkofer U., Rech C.H., Eckhart J., Dubach A., Stalder M., Luczinski K., Schmid R., et Stalder U., 2004.** Manuel suisse des denrées alimentaires. *Le lait*, 118.
- Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., et Uhlman G., 1989.** La fabrication du fromage fondu. *Ed BK Ladenburg*, Allemagne, 27.
- Bérodier F., 1997.** Crus de Comté, flore de prairies et pratiques agricoles, Du terroir au goût des fromages. *Besançon*, France, 186 -189.
- Bornarel P., Boulbave N., Hugué P., et Gaou K., 1996.** État de la situation sanitaire des produits laitiers commercialisés dans la zone périurbain de N'Djaména. *FAO Corporate Document Repository*, 1 - 6.
- Boudier J.F., 1985.** Biocatalyseurs .IN: laits et produits laitiers, de la mamelle à la laiterie. *Tec et Doc. Lavoisier*, 61, 62.
- Bourgoies C.M., et Mexle J. F., et Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments .*Tec et Doc. Lavoisier*, 65,68.
- Bourgoies C.M., et Larpent J. P., 1998.** Microbiologie alimentaire : Aliments fermentés et fermentations alimentaires. Tome 2. *Tec et Doc. Lavoisier*, 303.
- Bourgoies C.M., et Leveau J.Y .,1991.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les IAA : Le contrôle microbiologique. *Tec et Doc.Lavoisier*, 139-200.
- Bousseboua H., 2002.** Elément de microbiologie générale. Edition de l'université MENTOURI, Constantine, 134,152.

**Foucaud C.S., 2005.** La biodiversité des microorganismes des produits laitiers. *INRA*. 2, 3,4.

**Frohlich M. T., Butikofor U., Guggisberg D., et Wechsler D., 2007.** Fromage à raclette: moins de calcium pour meilleur aptitude à la fonte. *Revue Suisse Agric*: 39, 153,154.

**Fukushima H., Saito K., Tsubokura M., Otsuki K., et Kawaoka Y., 1984.** Significance of milks as a possible source of infection for puman yersiniosis.1. Incidence of Yersinia organisms in raw milk in shimane prefecture, *Lapan, Vet. Microbiol.*, 9: 139.

### G-H-I

**Gerard A., 1994.** Traite de l'alimentation et du corps. *Edition Flammarion*. Paris, 37.

**Gigon J., et Martin B., 2006.** Le bois au contact alimentaire: Peut-on s'en servir comme outil de communication? Le cas du fromage. *Polytech'lille*, 10.

**Gillis J.C., 1997.** Définitions du fromage et normalisation. IN: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 847,848.

**Goursaud J., 1985.** Composition et propriétés physicochimiques. IN: Lait et produits laitiers, lait de la mamelle à la laiterie. *Tec et Doc. Lavoisier*, 4, 5, 37.

**Grappin R., et Branger A., 1997.** Controles chimiques et microbiologiques. In: Le fromage. In: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 835,842.

**Gueguen L., 1997.** La valeur minérale des fromages. In: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 725,727.

**Guiraud J.P., 2003.** Microbiologie alimentaire. *Dunod*, 96, 98, 101, 136, 139,282, 397, 417.

**Guiraud J.P., 1998.** Microbiologie alimentaire. *Dunod*, 325.

**Hamama A., 1989.** Qualité bactériologique des fromages frais marocains. *Option méditerranéennes-série séminaires*, n°6:225.

**Hassouna M., et Masrar F., 1995.** Evolution de la flore microbienne et des principales caractéristiques physico-chimiques au cours de la maturation du fromage industriel tunisien à pâte pressée cuite de type gruyère. Ecole supérieure de l'industrie alimentaire. Tunisie, 914.

**Henry A., 1977.** Facteurs influençant la contamination du lait par les spores butyriques. *Rev. Lait.*, 350: 3.

**Hermier J., Lenoir J., et Weber F., 1992.** Les groupes microbiens d'intérêt laitier. *CEPIL*. Paris, 270.

**Hurtaud C., Goudebranche H., Delaby L., Camier - Caudon B., et Peyraud J.L., 2002.** Effet de la nature du régime hivernal sur la qualité du beurre et de l'emmental. *Renc.Rech.Ruminants*, 9, 369.

### J-K-L

**Jakob E., Schmid A., Walther B., Wechsler D., et Wehrmuller K., 2008.** Le fromage, un aliment précieux. *ALP forum*, n°66:7.

**Jaubert G., 1997.** Taux protéique, taux butyreux et aptitudes technologiques du lait de chèvre, 1.

**Jeanet R., Croguenne T., Schuck., et Brûle G., 2007.** Science des aliments. Volume 2. *Tec et Doc. Lavoisier*, 26-30, 43,52,56.

**Joffin C., et Joffin J. N., 1999.** Microbiologie alimentaire. *Académie de bordeaux*, 109, 122, 124, 139, 153,143.

**Joha., 1989.** La fabrication de fromage fondu. *B K Lanen bury*. Allmagne, 147, 150,151.

**Journal Officiel de la République Algérienne N° 19, 2000.**

**Journal Officiel de la République Française, 2007.**

**Klostermeyer., 1989.** Fabrication de fromage fondu. 37, 39.

**Kosikowski F.V, et Mistry V.V, 1997.** Cheese and Fermented Milk Food: origins and principles. Volume1. *West part*, 3-7.

**Kurmann J.A., 1966.** Observation technique – fermentatives sur l'emploi d'une levain de Streptocoque feacalis et sur l'importance de ces tendances de croissance mésophiles dans la fabrication des fromages à pâte dure cuite préparés à base de lait cru pauvre en germes. *Le lait*. 46, 507-510.

**Lambert J.C ., 1988.** La transformation laitière au niveau villageois. *Etude FAO production et santé animale N° 69.56.*

**Lambin S., et Germann A., 1969.** Précis de microbiologie. Tome1. *Masson*, 196.

**Lamontagne M., Champgne C.P., Reitz-Ausser J., Moineau S., Gardner N., Lamooureux M., Jean J., et Fliss I., 2002.** Microbiologie du lait. IN: Science et technologie du lait. *Polytechnique*, 444.

**Larpent J.P, 1990.** Lait et produits laitiers non fermentés. In: Microbiologie alimentaire. *Tec et Doc. Lavoisier*, Paris, 278.

**Larpent JP., 1991.** Les ferments microbiens dans les industries agroalimentaires (produits laitiers et carnés). *APRIA*. Paris, 274.

**Lecoq R., 1965.** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertise usuelle. *Doin, Edit*, 1304-1311.

**Lee B.O., et Alais C., 1980.** Evolution des phosphates et des métaux dans:étude biochimique de la fonte des fromages. *Le lait*, 137.

**Lenoir J., Lambert G., Schmidt J.L., et Tourneur C., 1985.** La maîtrise du bio réacteur fromage. *Bio futur*, 41,25.

**Lenoir J., Remeuf F., et Schneid N., 1997.** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 231.

**Lenoir J., Remeuf F., et Schneid.** La correction des laits refroidis et des laits chauffés. In: Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 288.

**Letondeur-Lafarge V., et Lahellec C.** Aspects hygiéniques. IN: Le fromage. *Tec et Doc.Lavoisier*, 744,746.

**Linden G., Desnouveaux R., et Driou A., 1985.** Les enzymes non coagulante dans la filière lait:propriétés, utilisations industrielles et développements futurs. *Edition A.P.R.I.A*, Paris, 135.

### M-N-O

**Mahaut M., Jeantet R., et Brulé G., 2000.** Initiation à la technologie fromagère. *Tec et Doc .Lavoisier*, 2,6-7,20-23.

**Mahaut M., Jeantet R., Schuck P., et Brûle G., 2000.** Les produits industriels laitiers. *Tec et Doc. Lavoisier*.2.

**Maisnier-Patin S., et Richard J., 1995.** Activity and purification of linenscin oc<sub>2</sub>, an antibactériel substance produced by *Brevibacterium linens* oc<sub>2</sub>, an orange cheese Coryneform bacterium. *Revue Applied Environmental Microbiology*. 61, n°5, 1847.

**Manfred M., et Nicole M., 1998.** Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques. Volume2. *Danod*. Paris, 138.

**Martin B., Buchin S., et Hauwuy A., 2001.** Effet de la nature botanique des pâturages sur les caractéristiques sensorielles du fromage de beaufort, 230-237.

**Martin B., Pradel P., et Verdier-Metz I., 2000.** Effet de la race (Holstein/Montbéliarde) sur les caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages. *Renc. Rech. Rum.* 7, 317.

**Martino R., et Souty J.C., 1990.** La stabulation libre des bovins. *EYROLLS.* 12,13.

**Mathbouthi M., Maspzyk P., Michel J.F., et Seuvre M., 1983.** Maturation des fromages à pâte pressée cuite de type Emmental. *Edition A.P.R.I.A., Paris,* 128, 130,131.

**Mathieu J., 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. *Tec et Doc. Lavoisier,* 5, 6.

### P-O-R

**Patart J.P., 1987.** Les fromages fondus. In: *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 393,396.

**Petranxiene D., Lapie L., et Vauchelle G., 1989.** La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers: Analyses et tests. *Tec et Doc,* 66, 70,73.

**Pougheon S., et Goursaud J., 2006.** Le lait et ses constituants: Caractéristiques physicochimiques. IN: *Lait, Nutrition et Santé. Tec et Dec. Lavoisier,* 31,32.

**Ramet J.P., 1985.** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. *FAO:*48, 13.

**Ramet J.P., 1997.** Technologie comparée de l'affinage des différents

types de fromage. In: *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 458.

**Ramet J. P., 1997.** Technologie comparée des différents types de caillé. IN: *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 335,346.

**Ramet J.P., et Scher J., 1997.** Propriétés physiques du coagulum. IN : *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 324.

**Ramet J.P., 1997.** L'égouttage du coagulum. IN: *le fromage. Tec et doc. Lavoisier,* 42.

**Raoux R., 1998.** Méthodologie et spécificités de l'analyse sensorielle dans le domaine des corps gras. *Analisis magazine.* 3, 26.

**Remond B., 1987.** Biotechnologie et industrie laitière. *APRIA .* 5-22.

**Richard J., et Desmazeaud., 1997.** La flore microbienne du lait cru destiné à la fromageries. In: *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 203.

### S-T-U

**Scriban R., 1988.** Les industries agricoles et alimentaires. *Tec et Doc. Lavoisier,* 363.

**Simon D., François M., et Dudez P., 2002.** Transformer les produits laitiers frais à la ferme. *Educagri,* 93.

**Spinnler H.E., Guichard .E., et Gripon J.C., 1997.** La saveur des fromages. IN: *Le fromage. Tec et Doc. Lavoisier,* 496.

**Uhlmann., 1985.** Les fromages fondus. In: *Laits et produits laitiers: transformation et technologie. Tec et Doc. Lavoisier,* 254-259,263.

### V-W-X

**Veirling E., 1999.** Fromage .IN: Alimentation et boissons, filières et produits. *Edition bioscience et technique*, 15.

**Veisseyre R., et Lenoir J 1992.** Le lait, les fromages, le beurre et les produits gras à base de matière grasse laitière. IN: Alimentation et nutrition humaines.ESF.Paris.847.

**Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait. 3<sup>ème</sup> édition. *La maison Rustique*, 73, 74, 214, 274, 296, 329, 429, 435-438,559.

**Vertés C., Holden A., Gallard V., 1989.** Effet du niveau d'alimentaire sur la composition chimique et la qualité fromagère du lait de vaches Holstein et Normandes. Résultats préliminaires. *INRA Prod. Anium*, 2,89-96.

**Vignola C.L., 2002.** Science et Technologie du lait. Edition Ecole polytechnique de Montréal, 75.

**Weber F., 1987.** L'égouttage du coagulum. IN: le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 24.

**Weber F., et Ramet J.P., 1987.** Technologie comparée de l'affinage des différents types de fromages. IN : Le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, 291.

**Noms :** LARIBI S., LEFOUILI N., et MESSAHEL W. **Encadreur :** Mr. BOUDJARDA D.  
**Date de soutenance** 04/07/2009.

**Thème:**Qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique des fromages fondus.

**Résumé :**

Notre étude est basée sur le contrôle de la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique de six variétés de fromage fondu commercialisé localement dans deux régions de la wilaya de Jijel: El-milia et Jijel.

Les résultats relatifs au contrôle physicochimique ont montré que toutes les variétés de fromages fondus sont de qualité insatisfaisante avec une teneur en matière protéique, grasse et minérale généralement faible.

Les résultats de l'analyse microbiologique ont montrés que tous les fromages étudiés sont contaminés par les germes de la flore totale mésophile, ainsi les levures et moisissures. De même, les fromages « Okid's » et « Cheezy » sont contaminés par le genre *Staphylococcus*.

L'analyse organoleptique a révélé que le fromage « Okid's » est le plus préféré par les consommateurs suivi par celui de « La vache qui rit ».

**Mots clés :** Fromage fondu, qualité microbiologique, qualité physicochimique, qualité organoleptique.

**Summary:**

Our study was based on the quality control of microbiological, physical-chemical and sensory of six types of cheese melted marketed locally in two mandate of Jijel: El-milia and Jijel.

Physical-chemical monitoring results showed that all types of cheese quality is unsatisfactory, with generally low content of protein materiel, fat and minerals.

Microbiological monitoring results showed that all types of cheese under study are contaminated with germs, yeast and moulds. The cheese melted Okid's and Cheezy contaminated by the type *Staphylococcus*.

Sensory analysis showed that the cheese melted Okid's is the most preferred by consumers, followed by cheese: La vache qui rit.

**Key words:** Cheese, microbiological quality, physicochemical quality, sensory quality.

**ملخص:**

ارتكزت دراستنا على مراقبة الجودة الميكروبيولوجية، الفيزيوكيميائية والحسية لستة أنواع من الجبن الذائب المسوق محليا في منطقتين من ولاية جيجل: الميلية و جيجل.

نتائج المراقبة الفيزيوكيميائية بينت أن جميع أنواع الجبن ذات نوعية غير مرضية، مع محتوى ضعيف عموما للمادة البروتينية، الدهنية و المعدنية.

نتائج المراقبة الميكروبيولوجية بينت أن جميع أنواع الجبن الخاضعة للدراسة ملوثة بالجراثيم، الخمائر و البيكتيريا العفنية. كما أن الأجبان الذائبة Okid's و Cheezy ملوثة بالنوع *Staphylococcus*.

التحليل الحسي أظهر أن الجبن الذائب Okid's هو الأكثر تفضيلا من طرف المستهلكين، متبوعا بالجبن La vache qui rit.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن الذائب، النوعية الميكروبيولوجية، النوعية الفيزيوكيميائية، النوعية الحسية.