

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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



Université de Jijel

Faculté des Sciences de la Nature  
et de la Vie



كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Microbiologie Appliquée  
et de Sciences Alimentaires

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

M. 08.03/13

**Mémoire De Fin D'étude Pour L'obtention Du Diplôme  
Master 2 en Biologie**

**Option : Contrôle De Qualité des Produits Alimentaires**

**Intitulé**

**Contrôle de qualité des fromages fondus  
commercialisés dans la wilaya de Jijel**

**Membres de jury :**

$\frac{2}{2}$

**Présidente : Dr. OULED-HADDAR. H**

**Présenté Par :**

**Examineur: Mr. KHENNOUF. T**

**BOUROUAIAH Mohammed**

**BOUTEBIBA Manal**

**Encadreur : Mr. BOUDJERDA. D**



**Année universitaire : 2012-2013**

Vu le  
04/07/2013  
[Signature]

# Sommaire

	Page
<b>Liste de tableaux</b>	
<b>Liste de figures</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction</b> .....	01
<b>Première partie : synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Le lait</b>	
I.1 Définition.....	02
I.2.Origine anatomo- physiologie du lait.....	02
I.3.Histologie de glande mammaire.....	02
I.4.Sécrétion lactique.....	03
I.5.Contrôle hormonal de la glande mammaire.....	03
I.6 La traite de mammaire.....	04
I.7. Stockage de lait.....	05
I.8. Composition du lait.....	05
I.8.1. Composantes nutritives du lait de vache.....	05
I.8.2. Composantes bioactives du lait de vache.....	06
I.9. Propriétés physicochimiques du lait.....	07
I.9.1. Masse volumique et densité du lait.....	07
I.9.2. Point de congélation.....	07
I.9.3. Point d'ébullition.....	07
I.9.4. Acidité et pH du lait.....	07
I.10. Bases biologiques et physicochimique de la transformation du lait.....	08
I.10.1. Facteurs de stabilité des globules gras.....	08
I.10.1.1. Globules gras natifs.....	08
I.10.1.2. Globules gras homogénéisés.....	08
I.10.2. Facteurs de stabilité des protéines.....	08
I.10.2.1. Influence de la température.....	08
I.10.2.2. Influence d'une concentration du lait.....	09
I.10.2.3. Influence d'une modification de l'environnement ionique.....	09
I.10.2.4. Influence d'une acidification.....	09
I.10.2.5. Influence d'un ajout de présure.....	09
I.11. Classification de lait.....	09
<b>Chapitre II : Le fromage</b>	
II.1. Définition.....	11
II.2. Fabrication du fromage.....	11
II.2.1. base de la technologie fromagère.....	11
II. 2.2. Technologie fromagère.....	11
II. 2.2.1. standardisation physicochimique et biologique des laits.....	11

II. 2.2.2. coagulation.....	12
II. 2.2.3.égouttage.....	12
II. 2.2.4. moulage.....	13
II. 2.2.5. salage.....	13
II. 2.2.6.affinage ou la maturation.....	13
II. 2.2.7.Conditionnement et conservation du fromage.....	14
II.3. Divers types de fromages.....	14
II. 3.1. Fromages à pâte molle.....	14
II.3.2. Fromages à pâte pressée.....	14
II.3.3. Fromage frais ou à pâte fraîche.....	15
II.3.4. Fromage fondu.....	15
II.4. Accidents de fromagerie et les défauts des fromages.....	15
II.2.4.1.Défauts de coagulation et de l'égouttage.....	15
II.2.4.2. Défauts d'affinage .....	15

### Chapitre III. Le fromage fondu

III.1.Historique.....	16
III.2. Définition.....	16
III.3. Classification.....	16
III.4. Valeur nutritionnelle.....	16
III.5. Divers types du fromage fondu.....	17
III.6. Matières premières.....	18
III.6.1. Matières premières laitières.....	18
III.6.1.1.Fromages naturels.....	18
III.6.1.2. Autres matières premières laitières.....	18
III.6.1.3. Préfonte.....	18
III.6.2. Matières premières non laitières.....	19
III.7. Fabrication du fromage fondu.....	19
III.7.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....	19
III.7.2. préparation de la matière première.....	19
III.7.3. Préparation de la formule et procédé technologique.....	19
III.7.3.1. Mélange.....	21
III.7.3.2. La cuisson.....	21
III.7.3.3. Homogénéisation.....	21
III.7.3.4. Conditionnement .....	21
III.7.3.5. Refroidissement.....	21
III.7.3.6. Stockage du produit fini.....	22
III.8. Défauts de fabrication et de stockage.....	22
III.9. Phénomènes biochimiques de la fonte.....	22
III.9.1. Peptisation (déstabilisation de la masse protéique).....	23
III.9.2. Crémage (restructuration).....	23
III.9.3. Refroidissement.....	23
III.10.Facteurs favorisant la fonte.....	23
III.10.1.affinage du fromage.....	23
III.10.2. pH.....	23
III.10.3. sels de fonte .....	23

III.10.4.préfonte.....	24
III.11. Contrôle de la qualité.....	24
III.11.1. Qualité de la matière première.....	24
III.11.2. Qualité au cours de fabrication.....	24
III.11.3. Qualité du produit fini.....	24

## Chapitre IV. Microbiologie de lait et fromage

IV.1. Microbiologie du lait.....	25
IV.1.1. Flore indigène ou originelle.....	25
IV.1.2. Flore contaminante.....	25
IV.1.2.1. Flore d'altération.....	25
IV.1.2.1. Flore pathogène.....	26
IV.2. Microbiologie de fromage.....	26
IV.2.1. Flores naturelles.....	26
IV.2.2. Micro-organismes d'altération.....	27
IV.2.3. Germes pathogènes .....	27

## Deuxième partie : étude expérimentale

### Chapitre I : Matériels et méthodes

#### I.1. Matériels

I.1.1. Milieux de culture.....	28
I.1.1.1. Milieux gélosés.....	28
I-1-1-2- Milieux liquides.....	28
I.1.2. Produits chimiques et réactifs .....	28
I.1.3. Matériel biologique .....	29
I.1.4. Appareillages et matériels.....	30

#### I.2. Méthodes

I.2.1. But de travail.....	31
I.2.2. Zone d'étude .....	31
I.2.3. Echantillonnage.....	31
I.2.4. Préparation des échantillons.....	31
I.2.5. Contrôle microbiologique.....	31
I.2.5.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales.....	31
I.2.5.2. Recherche et dénombrement des flores.....	32
I.2.5.2.1. Dénombrement de la flore totale mésophile FTM .....	32
I.2.5.2.2. Dénombrement des coliformes totaux .....	32
I.2.5.2.3. Dénombrement des coliformes thermotolérant.....	33
I.2.5.2.4. Dénombrement des levures et moisissures.....	33
I.2.5.2.5. Recherche, dénombrement et identification des Staphylocoques.....	34
I.2.5.2.6. Recherche des Salmonelles .....	36
I.2.5.2.7. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	36
I.2.5.2.8. Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur .....	37
I.2.6. Contrôle physico-chimique.....	38

I.2.6.1. Mesure du pH et détermination de l'acidité.....	38
I.2.6.2. Détermination de la teneur en matière sèche.....	39
I.2.6.3. Détermination du taux d'humidité .....	39
I.2.6.4. Détermination de la teneur en matière minérale.....	39
I.2.6.5. Détermination de la teneur en matière organique .....	39
I.2.6.6. Détermination de la teneur en matière azotée .....	40
I.2.6.7. Détermination de la teneur en matière grasse .....	41
I.2.6.8. rapport G/S .....	42
I.2.6.9. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) .....	42
I.2.7. Analyse de la composition en acide gras par GC-MS .....	42

## Chapitre II : Résultats et discussion

<b>II.1. Analyse microbiologique .....</b>	<b>44</b>
II.1.1. Résultats de la flore totale mésophile.....	44
II.1.2. Coliformes totaux.....	44
II.1.3. Coliformes thermo-tolérants.....	45
II.1.4. Levures et moisissures.....	46
II.1.5. Staphylocoque.....	46
II.1.6. <i>Salmonella</i> .....	47
II.1.7. Streptocoque fécaux.....	47
II.1.8. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (CSR).....	47
<b>II.2. Analyses physico-chimique .....</b>	<b>47</b>
II.2.1. Résultats de la mesure du pH .....	47
II.2.2. Acidité Dornic.....	48
II.2.3 Teneur en matière sèche.....	49
II.2.4 Humidité.....	50
II.2.5 Teneur en matière minérale.....	51
II.2.6.Teneur en matière organique.....	52
II.2.7 Teneur en matière grasse.....	53
II.2.8 Teneur en protéine.....	54
II.2.9 Rapport gras/sec.....	54
II.2.10 L'extrait sec dégraisse (ESD).....	55
<b>II.3. Résultats de l'analyse qualitative de la composition en acides gras par GC-MS.....</b>	<b>55</b>
<b>Discussion générale .....</b>	<b>63</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>

### Références bibliographique

### Annexes

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>		<b>Pages</b>
<b>Tableau I:</b>	Etat physicochimique du lait de vache .....	05
<b>Tableau II:</b>	Composition générale de vache .....	06
<b>Tableau III:</b>	Composition moyenne du lait de différentes espèces animales .....	06
<b>Tableau IV:</b>	Classification des fromages fondus .....	16
<b>Tableau V:</b>	Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager.....	22
<b>Tableau VI:</b>	Flore originels du lait cru .....	25
<b>Tableau VII:</b>	Principaux levures et moisissures responsables d'altérations dans les fromages.....	27
<b>Tableau VIII:</b>	Principaux germes pathogènes rencontrés en fromagerie.....	27
<b>Tableau IX:</b>	La gamme des échantillons analysés.....	29

## Liste des figures

<b>Figure</b>		<b>Pages</b>
<b>Figure 01:</b>	Les ligaments de la mamelle.....	02
<b>Figure 02:</b>	Schéma représentative d'une Coupe de la mamelle.....	03
<b>Figure 03:</b>	Régulation hormonal durant la lactation .....	04
<b>Figure 04:</b>	Schéma d'obtention des différents types de laits commercialisés .....	10
<b>Figure 05:</b>	Base de technologie du fromage .....	11
<b>Figure 06:</b>	Principales voies de fabrication du fromage fondu .....	20
<b>Figure 07:</b>	Variation du niveau de contamination moyenne en FTM dans les échantillons de fromage fondu.....	43
<b>Figure 08:</b>	Variation du niveau de contamination moyenne par CT .....	44
<b>Figure 09:</b>	Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures....	45
<b>Figure 10:</b>	Variation du pH dans les échantillons de fromage fondu .....	47
<b>Figure 11:</b>	Variation de l'acidité dans les échantillons fromage fondu.....	48
<b>Figure 12:</b>	Variation de la teneur en matière sèche dans les échantillons de fromage fondu .....	49
<b>Figure 13:</b>	Variation du taux d'humidité dans les échantillons de fromage.....	49
<b>Figure 14:</b>	Variation de la teneur en matière minérale dans les échantillons de fromage fondu.....	51
<b>Figure 15:</b>	Variation de la teneur en matière organique dans les échantillons de fromage fondu .....	51
<b>Figure 16:</b>	Variation de la teneur en matière grasse des échantillons analysés.....	52
<b>Figure 17 :</b>	Variation de la matière azotée des échantillons analysés.....	53
<b>Figure 18 :</b>	Variation du rapport gras/sec des échantillons analysés.....	54
<b>Figure 19:</b>	Variation de la teneur en ESD d'échantillons analysés.....	54
<b>Figure 20:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Vache quirit.....	55
<b>Figure 21:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Kimi.....	56
<b>Figure 22:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Berbère.....	57
<b>Figure 23:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Ramdy.....	57
<b>Figure 24:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Okid's.....	58
<b>Figure 25:</b>	Chromatogramme de l'échantillon du fromage de Blady.....	58
<b>Figure 26:</b>	Les trois profils différents des acides gras issus en GC-MS.....	61

## Liste des abréviations

<b>AGI</b>	Acide gras saturé
<b>AGS</b>	Acide gras insaturé
<b>CT</b>	Coliformes totaux
<b>CTT</b>	Coliformes thermo-tolérants
<b>D/C</b>	Double concentration
<b>°D</b>	Degré Dornic
<b>ES</b>	Extrait Sec
<b>ESD</b>	L'extrait sec dégraissé
<b>EST :</b>	Extrait sec total
<b>FTM</b>	Flore totale mésophile
<b>GC</b>	Giolitti-Contoni
<b>GCMS</b>	Chromatographie couplée à une spectroscopie de masse
<b>G/S</b>	Rapport Gras/Sec
<b>MG</b>	Matière grasse
<b>MM</b>	Matière minérale
<b>MO</b>	Matière organique
<b>MS</b>	Matière sèche
<b>OGA</b>	Gélose glucosée à l'oxytétracycline
<b>PCA</b>	Plate Count Agar
<b>SFB</b>	Bouillon au sélénite Acide de sodium
<b>VF</b>	Viande foie
<b>VRBL</b>	Lactose Bilié au Vert brillant et au Rouge de phénol
<b>UFC</b>	Unité formant colonies



## **Introduction**

Le lait et les produits laitiers sont des produits alimentaires dont l'importance en nutrition n'est pas à démontrer. Ils ont été toujours été considéré comme aliment irremplaçable notamment pour les jeunes sujets, mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité (Mahaut *et al.*, 2002; Fredot, 2009).

En Algérie, comme dans tous les pays en voie de développement, les industries laitières ont pour mission d'appriivoiser leur population en lait et produits laitiers en vue de pallier à la carence en protéines animales observée chez la population.

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 à nous intéresser à la qualité de quelques variétés de fromages fondu les plus disponibles sur le marché local d'autant plus qu'il s'agit d'un produit de large consommation et sur lequel, on ne possède que très peu de connaissances.

A cet optique, l'étude qui suit va mettre le point sur les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et la composition en acides gras 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 spectroscopique en masse de ces variétés de fromages fondu.

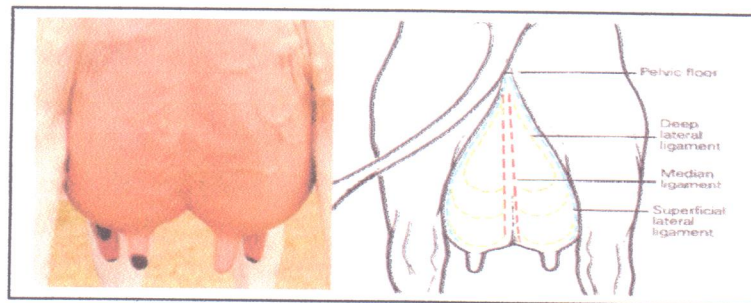
### I.1. Définition

Le lait est le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (Arbault et Daussant, 2005).

C'est un produit naturel sécrété par les mammifères. A la fois aliment et boisson, il est donc d'un grand intérêt nutritionnel et se prête à de nombreuses applications culinaires, industrielles et technologiques (Fredot, 2009). Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe (Amiot et al., 2002).

### I.2. L'origine anatomo- physiologie du lait

Le lait est produit dans la glande mammaire, dans les cellules de la paroi glandulaire (Marie, 2010). La mamelle est composée de quatre quartiers bien distincts séparés par les ligaments suspenseurs (figure 01). Ni de lait ni des microorganismes ne peuvent passer d'un quartier à l'autre (Pierre, 2007).



**Figure 01 : Les ligaments de la mamelle.**

Dans la partie supérieure de la glande, nous trouvons, les cellules sécrétrices organisées en unité sécrétrices ou alvéoles elles-mêmes regroupées en lobules, eux mêmes rassemblés en lobes. Cette zone est richement irriguée, innervée et concentre les cellules musculaires lisses (myoépithélium) autour des alvéoles et des petits canaux galactophores. La partie intermédiaire est plutôt constituée d'un ensemble de canaux galactophores peu irrigués et innervés. La partie basse voit ces gros canaux se connecter les uns aux autres en une multitude de vacuoles formant la citerne de la glande. Cette citerne débouche dans la citerne du trayon (tissu élastique incluant de nombreuses fibres musculaires circulaires). Le trayon est comme sa zone d'attache à la mamelle, particulièrement irrigué et innervé (Gmarnat, 1998).

### I.3. L'histologie des glandes mammaires

La glande mammaire est formée d'une multitude d'alvéoles sécrétrices, alvéoles qui sont tapissées de cellules sécrétrices du lait que l'on appelle "les lactocytes" (figure 02) (Broqua et al., 1998).

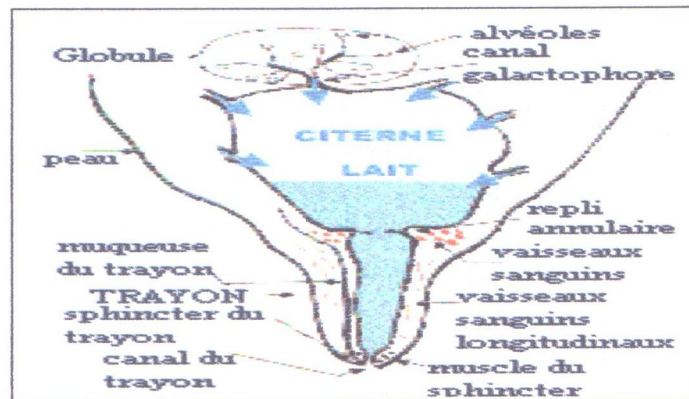


Figure 02 : Schéma représentative d'une Coupe de la mamelle (Broqua, et al., 1998).

La mamelle est une glande à sécrétion externe constitué d'un tissu épithéliale tubulo-alvéolaire et d'un stroma.

#### I.4. Sécrétion lactique

Le colostrum correspond aux premières sécrétions de la mamelle dans les heures précédant et suivant la mise bas (Devillers et al., 2006).

La sécrétion lactée dans les cellules sécrétrices est un processus composé de multiples étapes biochimiques complexes. (Akers, 2002). La sécrétion lactée est sous la dépendance de deux catégories des facteurs :

- **Facteurs généraux** : tel que les agents pharmacodynamiques éventuels, les changements génétiques de l'animal, et l'environnement.
- **Facteurs liés à la mamelle** : ces facteurs conditionnent la sécrétion de prolactine, hypophysaire. Cette sécrétion est due à un réflexe neuro-hormonal dont le point de départ est mamelonnaire (Charron, 1986).

Le lait est synthétisé à partir des éléments nutritifs procurés à la glande mammaire par les capillaires sanguins.

#### I.5. Contrôle hormonal de la glande mammaire

Le lait contient de nombreuses hormones qui peuvent soit provenir du sang, et dans ce cas elles sont transportées à travers les cellules épithéliales mammaires, soit être synthétisées par le tissu mammaire (Ollivier, B., 1993).

Le nombre et l'activité des cellules sécrétrices de lait s'accroissent sous l'action des hormones sexuelles puis hypophysaires dans la dernière partie de la gestation et le tout début de lactation (figure03). Ces principales hormones intervenant dans la morphogénèse mammaire sont (Bachelard, 2010):

- ✚ **Les estrogènes et la progestérone** : sont des hormones stéroïdiennes principalement sécrétées par les organes sexuels primaires. L'estrogène et la progestérone interviennent durant la puberté.
- ✚ **La prolactine et l'ocytocine** : Sont des hormones peptidiques sécrétées par les cellules hypophysaires. L'ocytocine synthétisée par l'hypothalamus.

Les forts taux d'estrogènes stimulent la production de PRH (Prolactine Releasing Hormon) dans l'hypothalamus qui va induire la sécrétion de prolactine au niveau de l'hypophyse. Une fois produite, la prolactine va à son tour induire la production de lait par les cellules lumineales de la glande mammaire. La succion stimule également la production de prolactine *via* la PRH. A l'inverse, les faible taux d'œstrogène vont stimuler la production de PIF (Prolactin Inhibiting Factor) qui va empêcher la synthèse de prolactine dans l'hypophyse. L'ocytocine est également synthétisée par l'hypophyse au moment de la lactation et va provoquer les contractions des cellules myoépithéliales au niveau de la glande mammaire pour permettre l'éjection du lait (Bachelard, 2010).

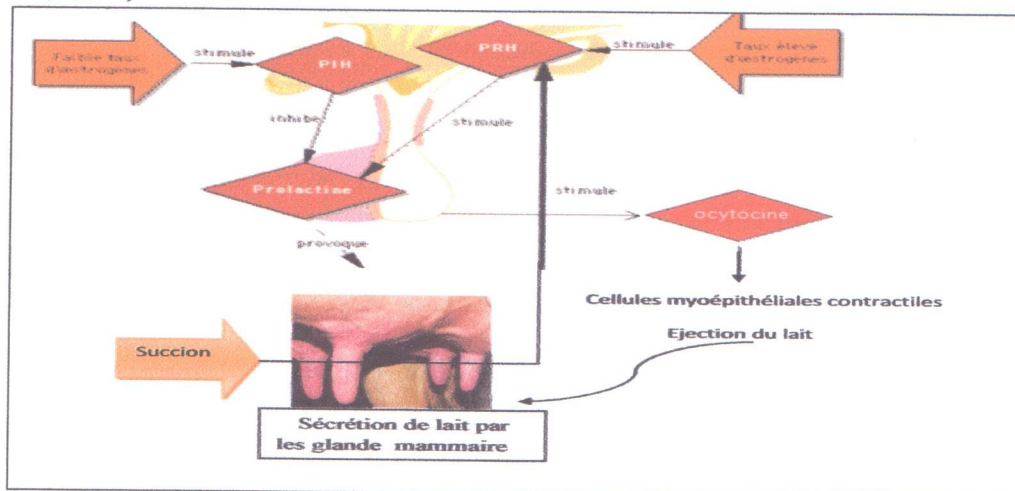


Figure 3: Régulation hormonal durant la lactation (Bachelard, 2010).

### I.6. La traite de mammaire

La traite est l'opération qui consiste à extraire le lait contenu dans la mamelle. Pour une bonne traite, il faut :

- Lors de la visite de traite, il faudra essayer de ne pas déranger le trayeur, ce qui pourrait le retarder et fausser les résultats, il faut éviter de stresser les vaches, ce qui empêcherait la bonne éjection du lait (Lelievre, 2012).
- Préparer la mamelle (lavage des trayons, essuyage et élimination des premiers jets), pose des faisceaux trayeurs, détecter la fin de traite, déposer des faisceaux-trayeurs, égouttage des mamelles (appréciation de la sur traite éventuelle) et trempage des trayons. (M'sadak et al., 2012).
- Les qualités de la traite : traite complète, rapide, tranquille, hygiénique, traite humide, phénomène d'impact, ... (M'sadak et al., 2012).

La traite se fait à la main (traite manuelle) se fait dans des troupeaux peu nombreux ou avec une machine à traite (traite mécanique) (Lévesque, 2007). Lors de la traite manuelle, la main empoigne la mamelle sur toute sa longueur. Le pouce et l'index ferme la partie supérieure de la mamelle et les autres doigts compriment la mamelle de haut en bas (M'sadak et al., 2012).

Au moment de la traite, 70 % du lait se trouve déjà dans la citerne, qu'il suffit de vider, et seulement 30 % du lait alvéolaire sera sécrété pendant la traite (Broqua et al., 1998).

## I.7. Stockage du lait

Dans le cadre du contrôle hygiénique continu, le règlement européen (CE) n°853/2004 précise que :

« Immédiatement après la traite, le lait doit être placé dans un endroit propre conçu et équipé de façon à éviter toute contamination. Il doit être ramené immédiatement à une température ne dépassant pas 8°C lorsqu'il est collecté chaque jour et 6°C lorsque la collecte n'est pas effectuée chaque jour ».

« Pendant le transport, la Chain du froid doit être maintenue et la température du lait ne doit pas dépasser 11°C à l'arrivée dans l'établissement de destination ».

Le refroidissement du lait permet un ramassage tous les deux ou trois jours. Il doit être rapide (immédiatement après récupération du lait), rigoureux (4°C : température d'inhibition des microorganismes). Les camions citernes étant réfrigérés, et le lait n'est jamais en contact de l'air ambiant, chargement et déchargement s'effectuant par tuyaux (Charron, 1984).

## I.8. Composition du lait

### I.8.1. Les composantes nutritives du lait de vache

Le lait est un système complexe constitué d'une solution vraie, d'une solution colloïdale, d'une suspension colloïdale et d'une émulsion. Le (tableau I) montre la dimension approximative et l'état physicochimique de chacun des constituants non solubles majeurs du lait (Amiot et al., 2002).

Le lait est un système colloïdal constitué d'une solution aqueuse de lactose, de matières salines et de plusieurs autres éléments à l'état dissous, dans laquelle se trouvent des protéines à l'état de suspension et des matières grasses à l'état d'émulsion. L'extrait sec total du lait est en moyenne de 13,1% et l'extrait sec dégraissé (sans matière grasse) est de 9,2% (Aboutayeb, 2011).

**Tableau I:** Etat physicochimique du lait de vache (Amiot et al., 2002).

Constituants	Dimension (m)	Emulsion	Solution colloïdale	Suspension colloïdale	Solution vraie
<b>Matière grasse</b>	$10^{-5}$ à $10^{-6}$	X			
<b>Micelle de caséine</b>	$10^{-7}$ à $10^{-8}$			X	
<b>Protéines de sérum</b>	$10^{-8}$ à $10^{-9}$		X		
<b>Glucides</b>	$10^{-9}$ à $10^{-10}$				X
<b>Minéraux</b>	$10^{-9}$ à $10^{-10}$				X

Le tableau II décrit la composition générale du lait de vache. Cette composition varie selon différents facteurs liés aux animaux, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison, l'âge (Amiot et al., 2002).

Tableau II: Composition générale de lait de vache (Amiot et al, 2002).

Constituants majeurs	Variations limités(%)	Valeur moyenne(%)
Eau	85,5-89,5	87,5
Matière grasse *	2,4-5,5	3,7
Protéines *	2,9-5,0	3,2
Glucides *	3,6-5,5	4,6
Minéraux *	0,7-0,9	0,8
Constituant mineurs : enzymes *, vitamines *, pigment, cellules diverses, gaz.		

Un autre facteur influant sur la composition du lait est l'espèce animale. On peut voir au tableau III la composition moyenne du lait de différentes espèces animales.

Tableau III: Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (Amiot et al, 2002).

Animaux	Eau (%)	M G(%)	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.8.2. Les composantes bioactives du lait de vache

Le lait n'est pas seulement un aliment riche en nutriments, mais il contient également un nombre très important de composés bioactifs en mesure de déclencher des réactions physiologiques dans l'organisme (Xu, 1998).

Les protéines alimentaires sont bien connues pour leur rôle nutritionnel, concernant l'apport en acides aminés essentiels pour la croissance et la maintenance cellulaires (Korhonen et Pihlanto, 2006). Les protéines de lactosérum seraient impliquées dans la prévention du cancer et l'amélioration de l'absorption des minéraux. La  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG), principale protéine du lactosérum bovin, augmenterait la longévité des souris et serait aussi impliquée dans l'effet hypocholestérolémique des protéines du lactosérum (Yoo et al., 1997).

Certaines fonctions essentielles de la  $\beta$ -LG ont été rapportées telles que : la diminution du cholestérol sanguin (Nagaoka et al., 2001), le transport du rétinol, d'acides gras ou de la vitamine D (Zsila et al., 2002), et la prévention du stress oxydatif (Chevalier et al., 2001). Une autre protéine du lactosérum qui présente plusieurs effets physiologiques est la lactoferrine. Cette protéine faciliterait l'absorption du fer et stimulerait plusieurs fonctions biologiques régissant la défense de l'organisme (Yoo et al., 1997). La lactoferrine a démontré des effets bactériostatiques et bactéricides contre diverses bactéries in vitro et / ou in vivo (Pan et al., 2007). Le lait contient également des facteurs de croissance (ex. IGF-1, EGF) de nature peptidique qui peuvent induire

une activité mitogénique chez certaines cellules. D'autres substances dans le lait, de nature osidique comme le lactose et les arminoglycanes, possèdent des propriétés probiotiques et favoriseraient le développement des bifidobactéries ; ces bactériens peuvent freiner la colonisation de l'intestin par les bactéries coliformes pathogènes (Meisel, 1998).

### I.9. Propriétés physicochimiques du lait

La connaissance des propriétés physicochimiques du lait revêt une importance incontestable car elle permet de mieux évaluer la qualité de la matière première et de prévoir les traitements et opérations technologiques adaptés (Aboutayeb, 2011). Les principales propriétés physicochimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (Amiot et al., 2002).

#### I.9.1. Masse volumique et densité du lait

La masse volumique, le plus souvent exprimée en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique le volume d'une solution varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température, on utilise souvent la densité relative ( $d_T^T$ ). Cette propriété se définit comme suit:

$$d_T^T = \frac{\text{Masse volumique d'une substance à une température donnée}}{\text{Masse volumique de l'eau à une température donnée}}$$

En pratique la masse volumique de l'eau est de 1,000g/ml à 4°C et de 0,99823 g/ml à 20 °C. La densité du lait à 15 °C varie de 1,028 à 1,0135 pour une moyenne de 1,032 (Amiot et al., 2002).

#### I.9.2. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,575 °C à -0,530 °C avec une moyenne à -0,530°C. Un point de congélation supérieur à -0,530 °C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'un cryoscope (Amiot et al., 2002).

#### I.9.3. Point d'ébullition

À pression atmosphérique normale, le point d'ébullition de l'eau est de 100°C et celui du lait est de 100,5°C. Comme pour le point de congélation, il est fonction du nombre de particules en solution et par conséquent, il augmente avec la concentration de lait et diminue avec la pression. Ce phénomène est appliqué dans les procédés de concentration du lait (Aboutayeb, 2011). Le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisée (Amiot et al., 2002).

#### I.9.4. Acidité et pH du lait

Le pH (acidité active) d'un lait normal varie de 6,2 à 6,8, mais la majorité des laits ont un pH entre 6,4 et 6,6. Le colostrum est plus acide que le lait normal, tandis que le lait de fin de

lactation et celui de vaches malades ont généralement un pH plus élevé, se rapprochant du pH du sang (Aboutayeb, 2011).

## **I.10. Bases biologiques et physicochimique de la transformation du lait**

### **I.10.1. Facteurs de stabilité des globules gras**

L'élaboration des produits laitiers nécessite de prendre en compte les caractéristiques de l'émulsion laitière (diamètre et nature de la membrane des globules gras) qui gouvernent sa stabilité physique et chimique (Jeantet *et al.*, 2008).

#### **I.10.1.1. Globules gras natifs**

Les globules gras natifs ont une tendance naturelle à remonter en surface (crémage) à une vitesse qui dépend de leur diamètre, de la température qui détermine la viscosité de la phase continue, de la différence de masse volumique des phases continue et dispersée et de l'accélération du système. Ces caractéristiques sont exploitées lors de la préparation des laits et des crèmes de consommation. Les matières grasses sont également sujettes à des dégradations biologiques (lipolyse) ou chimiques (oxydation). Cependant, toute altération de la membrane native des globules gras accentue le risque de lipolyse et d'oxydation de la matière grasse laitière (Jeantet *et al.*, 2008).

#### **I.10.1.2. Globules gras homogénéisés**

La modification des caractéristiques physicochimiques de l'émulsion, par exemple lors de l'homogénéisation, a des conséquences sur ses propriétés. L'homogénéisation améliore la stabilité physique de l'émulsion en réduisant le diamètre moyen des globules gras, et par voie de conséquence diminue la vitesse de crémage. En outre, l'homogénéisation modifie la couleur de l'émulsion laitière ainsi que la contribution des globules gras à la formation du coagulum (fromages, yaourts) (Jeantet *et al.*, 2008).

### **I.10.2. Facteurs de stabilité des protéines**

Les micelles de caséines et les protéines sériques résistent différemment aux évolutions physico-chimiques et traitements technologiques appliqués au lait au regard des mécanismes spécifiques impliqués dans leur stabilité structurale. Nombreux sont les traitements technologiques qui en modifiant les caractéristiques physicochimiques de la Surface des micelles de caséines en altèrent la stabilité (Jeantet *et al.*, 2008).

#### **I.10.2.1. Influence de la température**

La température agit à la fois sur la solubilité du phosphate de calcium (sel à solubilité inverse) et sur l'état d'association des protéines laitières. Ainsi, la réfrigération et les traitements thermiques appliqués au lait en modifient l'aptitude technologique mais pour des raisons différentes (Jeantet *et al.*, 2008).



#### **I.1.10.2.1. Influence d'une concentration du lait**

La concentration du lait par évaporation a un effet structurant sur la micelle de caséine en augmentant la teneur en phosphate de calcium colloïdal ( **Jeantet et al., 2008**).

#### **I.1.10.2.2. Influence d'une modification de l'environnement ionique**

Le calcium est couramment utilisé en technologie fromagère pour compenser certains effets néfastes liés au traitement thermique appliqué et pour améliorer les propriétés rhéologiques des caillés. L'ajout de chlorure de sodium induit une augmentation de la force ionique et une diminution du coefficient d'activité des ions de la phase soluble ( **Jeantet et al., 2008**).

#### **I.1.10.2.3. Influence d'une concentration du lait**

La concentration du lait par évaporation a un effet structurant sur la micelle de caséine en augmentant la teneur en phosphate de calcium colloïdal ( **Jeantet et al., 2008**).

#### **I.1.10.2.4. Influence d'une modification de l'environnement ionique**

Le calcium est couramment utilisé en technologie fromagère pour compenser certains effets néfastes liés au traitement thermique appliqué et pour améliorer les propriétés rhéologiques des caillés. L'ajout de chlorure de sodium induit une augmentation de la force ionique et une diminution du coefficient d'activité des ions de la phase soluble ( **Jeantet et al., 2008**).

#### **I.1.10.2.5. Influence d'une acidification**

L'acidification du lait engendre des modifications physicochimiques importantes au sien de l'organisation de la micelle et de son environnement ( **Jeantet et al., 2008**).

#### **I.1.10.2.6. Influence d'un ajout de présure**

La présure, mélange de chymosine et de pepsine, est l'enzyme coagulante du complexe caséinique utilisée en technologie fromagère. La déstabilisation des micelles de caséines par la présure aboutissant à la formation d'un gel peut se décomposer en trois étapes :

- L'hydrolyse enzymatique de caséine k ;
- L'agrégation des micelles de caséines déstabilisées ;
- La formation d'un réseau gélifié par réticulation ( **Jeantet et al., 2008**).

### **I.11 Classification de lait**

Les différents types de laits commercialisés sont représentés dans la figure 4.

Généralement, l'origine de tous ces types est le lait cru, qui subit une standardisation pour obtenir d'un part, des laits de consommation courante et d'autre part, des laits de conserve déshydratés, à partir des premiers types, des laits pasteurisés et stérilisés sont obtenus, à partir des deuxièmes types, des laits concentrés sucrés ou non et stérilisés sont obtenus.

## II. 1 Définition

La dénomination “ fromage ” est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières 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 partie aqueuse (Fredot, 2009). La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage (Jeantet et al., 2008).

C'est un produit frais ou affiné, d'une consistance solide ou semi-solide, dont lequel le rapport protéine de sérum/caséines ne dépasse pas celui du lait (Aissaoui, 2004).

Le fromage est une conserve de deux constituants insolubles du lait, la caséine, qui est obligatoirement la charpente, et la matière grasse qui est présentée en proportion variable (Alais et al., 2008).

## II.2. Fabrication du fromage

### II.2.1. La base de la Technologie fromagère

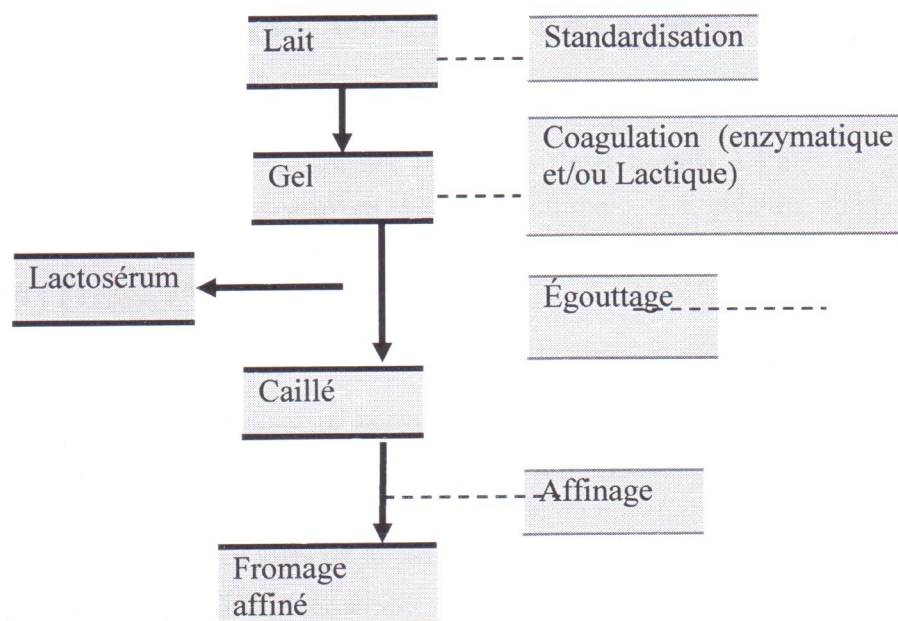


Figure 05: Base de technologie du fromage (Jeantet et al., 2008).

### II.2.2. La Technologie fromagère.

La fabrication proprement dite comporte quatre phases : la standardisation du lait, coagulation, égouttage et affinage (Jeantet et al., 2008).

#### II.2.2.1) La standardisation physicochimique et biologique des laits

La standardisation physicochimique d'un lait de fromagerie consiste à ajuster au moins la teneur en matière grasse en fonction du taux protéique (Jeantet et al., 2008). 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**). La standardisation *biologique* permet d'affranchir de la flore originelle des laits réfrigérés pouvant présenter une flore indésirable (psychotropes, germes pathogènes) ; une pré-maturation à basse température (10-12°C) en favorisant la production de facteurs de croissance permet d'améliorer le déroulement de la fermentation lactique (**Jeantet et al., 2008**).

### II.2.2. 2) La coagulation

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

#### II.2.2. 2.1) coagulation acide ou naturelle

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ( $P_{Hi}=4.6$ ) 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., 2008 ; Fredot, 2009**).

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

#### II.2.2.2.2) coagulation enzymatique ou par emprésurage

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale. La présure, mélange de chymosine et de pepsine, est l'enzyme coagulante la mieux connue (**Brûlé et Lenoir, 1987 ; Jeantet et al., 2008 ; Fredot, 2009**).

On distingue trois phases :

- *Phase primaire ou enzymatique*, décrite précédemment et correspondant à l'hydrolyse de la caséine  $\kappa$  au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106) ;
- *Phase secondaire ou d'agrégation de micelles déstabilisées*, qui, à PH 6.6, commence lorsque 80 à 90% de la caséine  $\kappa$  est hydrolysée ;
- *Phase tertiaire ou phase de réticulation* conduisant à la formation du gel (**Jeantet et al., 2008**).

#### II.2.2.2.3) Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification (**Jeantet et al., 2008**).

Selon la méthode utilisée, le coagulum ou gel obtenu possède une texture différente : gel uniforme avec l'action de la présure seule et friable et spongieux (floconneux) avec l'action des ferments lactiques (**Fredot, 2009**).

Le choix se fait donc en fonction du type de fromage que l'on souhaite obtenir (**Fredot, 2009**).

#### II.2.2.3) L'égouttage

L'égouttage permet de séparer le caillé (phase solide) du lactosérum (phase liquide). Ce sous-produit est plus ou moins riche en minéraux (calcium), protéines solubles (albumines),

vitamines hydrosolubles (B2 et B12) et contient des traces de lactose (Fredot, 2009). Ce phénomène est appelé synérèse (Ramet, 1997 ; Faucaud, 2005).

L'égouttage peut être (Fredot, 2009):

- *Lent ou spontané* si l'on veut obtenir des fromages frais et certains fromages à pâtes molles. Dans ce cas, les pertes dans le lactosérum sont particulièrement importantes ;
- *Accéléré* pour les autres fromages grâce à différents procédés :
  - Découpage : on tranche le caillé à l'aide d'un tranche-caillé (pour les fromages à pâte molle);
  - Pression du caillé (pour les fromages à pâte pressée) ;
  - Eventuellement (pour les fromages à pâte dure), « cuisson » du caillé dans le petit-lait (50-55 °C) pendant une heure.

A la fin de cette étape, le fromager vient de former un **caillé frais**.

#### II.2.2. 4) Le moulage

Les fromages sont pressés dans des toiles cerclées de bois ou d'un autre matériau ou encore pris dans des moules perforés ce qui permet d'obtenir leur forme définitive. On a alors production d'un fromage **frais** (Fredot, 2009).

#### II.2.2. 5) Le salage

Le salage consiste à saler le fromage soit par pulvérisation en surface de gel fin (pour les fromages à pâte molle) soit par immersion dans un bain de saumure (constitué par un mélange d'eau saturée en sel) (Lamber, 1988 ; Faucaud, 2005 ; Fredot, 2009).

Le sel joue un triple rôle (Fredot, 2009):

- Complete l'égouttage et contribue ainsi à la formation de la croûte ;
- Règle l'activité de l'eau ( $A_w$ ) et favorise ou freine le développement des micro-organismes potentiellement pathogènes tout en régulant les activités enzymatiques ;
- Révèle la saveur propre du futur fromage en influençant son goût et en renforçant des arômes. A la fin de cette étape, on obtient un fromage **frais salé**.

#### II.2.2. 6) L'affinage ou la maturation

Cette étape est plus ou moins longue (2 semaines à plus de deux ans) (Fredot, 2009).

L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants protéiques et lipidiques du caillé (Jeantet *et al.*, 2008).

C'est un processus biochimique complexe pour plusieurs raisons :

- D'une part, la matrice fromagère issue de la coagulation et de l'égouttage du lait présente une très grande hétérogénéité physicochimique ;
- D'autre part, les enzymes intervenants dans l'affinage ont plusieurs origines : endogènes (plasmines, lipases, etc.), ajoutées au lait au cours de la fabrication (enzymes coagulantes, micro-organismes) ou produites au cours de l'affinage par synthèse microbienne (bactéries, levures et moisissures).

L'affinage est dominé par trois grands phénomènes biochimiques :

- ✓ La fermentation du lactose résiduel et consommation du lactate ;
- ✓ L'hydrolyse de la matière grasse et de protéines ;

- ✓ La production d'arôme à partir des acides gras et acides aminés.

- **Facteurs d'affinage**

Deux groupes des facteurs d'affinage sont distingués: facteurs internes qui sont présentés par les pH et l'activité de l'eau (Weber et Ramet, 1987 ; Choisy et al., 1997) et facteurs externes qui sont présentés par la température, l'aération et la composition de l'atmosphère, et l'hygrométrie (Ramet, 1985 ; Weber et Ramet, 1987).

### II.2.2. 7) Conditionnement et conservation du fromage

L'emballage des fromages doit assurer une protection contre les agents extérieurs (contamination de microbes, des infections... etc.) ; il a pour objectif de régler les échanges avec le milieu extérieur (de la chaleur et de gaz) (Eck, 1997).

Les fromages présentent le conditionnement le plus varié. Selon le type, on utilise : le papier, les pellicules cellulosique, l'aluminium et les matières plastiques (Veisseyre, 1979) ;

Si possible, un emballage transparent pour permettre au consommateur de juger de la qualité et de l'intégrité du produit (Boularak, 2005).

Le stockage des portions, logées dans des cartons, doit être réalisé au froid (4 à 10 °C) (Boularak, 2005). La durée de stockage varie avec les types de fromage, le degré de maturation et l'hygiène de manipulation (Boularak, 2005).

## II.3. Les différents types de fromages.

### II.3.1. Fromages à pâte molle

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée : l'égouttage est lent et réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage. Leur humidité est moyenne (50 à 55%). On distingue ; les fromages (Guiraud, 1998):

- A pâte molle « moussée », généralement à croute moisie (camembert, ...etc.)
- A pâte molle et à croute lavée (munster, livarot, Pont-l'Evêque,... etc.)
- A pâte molle persillées (à moisissures internes) (roquefort et autres « bleus », ...etc.).

### II.3.2. Fromages à pâte pressée

Des fromages obtenus par action de la présure, qui subit un affinage après la fermentation lactique, et qui sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression (Guiraud, 1998).

Leur humidité est moyenne (45 à 50 % pour les pâtes non cuites) ou faible (35 à 40% pour les pâtes cuites ou très brassées). Parmi les quels, on distingue ; les fromages à pâte (Guiraud, 1998):

- Ferme non cuite (pâte pressée et broyée) (cantal,...etc.) ;
- Pressée non cuite et à croute artificielle (Edam,...etc.) ;
- Pressée non cuite et à croute moisie (Tomme de Savoie,... etc.) ;
- Pressée non cuite et à croute lavée (St paulin, reblochon,... etc.) ;
- Pressée cuite avec ouverture (Emmenthal, Comté,...etc.) ;
- Pressée cuite sans ouverture (Beaufort,...etc.) ;
- Pressée très dure (très brassé Cheddar,...etc.).

### II.3.3. Fromage frais ou à pâte fraîche

Ce sont des fromages à égouttage obtenus par centrifugation ou filtration ils subissent essentiellement une fermentation lactique (cependant il y a souvent une légère action de la présure) et ne sont pas affinés. Leur humidité est élevée (70-75%). Ils sont obtenus avec des laits pasteurisés (exemple : petit-suisse, demi-sel, etc.) (Guiraud, 1998).

Ce sont des fromages à égouttage qui n'ont subi que la fermentation lactique (Apfelbaum *et al.*, 2004).

### II.3.4. Fromage fondu

Ils sont obtenus par fusion de certaines espèces à pâte dure, aux quelles on ajoute éventuellement du lait en poudre, du beurre, de la crème, de la caséine, et parfois des arômes (Apfelbaum *et al.*, 2004).

Il s'agit de préparations issues de la fonte de fromage généralement à pâte pressée.

## II.4. Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages

### II.4.1. Les défauts de coagulation et de l'égouttage

Les divers défauts de coagulation sont (Jeantet *et al.*, 2008):

- Allongement du temps de prise ;
- Diminution de la vitesse de raffermissement ;
- Formation d'un gel mou avec diminution du rendement fromager.

### II.4.2. Les défauts d'affinage : trois catégories (Jeantet *et al.*, 2008):

#### \* Défauts de texture et gonflements

Ces défauts peuvent avoir des origines technologiques (pâte sèche, coulante, fromage lainé, sans ouverture ou trop ouvert, etc.) ou microbiologiques (gonflements précoces ou tardifs).

#### \* Défauts d'aspect

Ces défauts (croûtage et moisissures indésirables) peuvent être d'origine fongique à la surface des fromages (accidents du « bleu », du « poil de chat », etc.), ou d'origine fongique et bactérienne à la surface et à l'intérieur de la pâte (brunâtre, blanchâtre, etc.).

#### \* Défauts de saveur et de l'arôme

- Les défauts d'amertume : fréquemment rencontrés dans les fromages de type pâte pressée, bleu et pâte molle ;
- Le goût de rance : résulte d'une lipolyse excessive qui donne naissance à une quantité élevée d'acides gras libres à chaîne courte et moyenne ;
- Les autres défauts de saveurs : l'odeur de crucifères, de champignon, de pomme de terre, de malt, de celluloïde, etc.

### III.1. Historique

La possibilité de produire le fromage fondu a été traitée pour la première fois en 1895. Les sels de fonte n'étaient pas utilisés et le produit n'a pas réussi. Le premier fromage fondu réussi, dans lequel les sels de fonte ont été utilisés, était introduit en Europe en 1911 et aux USA en 1916 par Kraft (Meyer, 1973).

L'intérêt de fondre des fromages provenait à l'époque des difficultés qu'il y avait à ralentir ou stopper leur maturation, du fait de l'absence de possibilité de stockage en chambres froides (Eck, 1987).

Depuis leur mise en point technologique, les fabrications de fromage fondu n'ont cessé de progresser et de se diversifier, elles occupent actuellement une place prépondérante dans l'activité de nombreux pays (Boutonnier, 2002).

### III.2. Définition

Le fromage fondu est un produit obtenu par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages frais ou affinés additionnés éventuellement d'autres produits laitiers comme le lait, beurre, crème, caséine, lactosérum et d'autres ingrédients comme les épices et les aromates... etc. (Fredot, 2009). Le fromage fondu présentant une teneur minimale en matière sèche de 40 grammes pour 100 grammes de produit fini et une teneur minimale en matière grasse de 40 grammes pour 100 grammes de produit après complète dessiccation (Simbelie, 2008).

### III.3. Classification

Les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), le tableau suivant bien préciser une moderne classification des fromages.

**Tableau IV : Classification des fromages fondus (DFI, 2009)**

Catégorie selon la teneur en MG	Teneur minimale MG/ES en g/kg	Fromage fondu ES minimal en g/kg	Fromage fondu à tartiner ES minimal en g/kg
Double crème	650	530	450
Crème	550	500	450
Gras	450	500	400
Trois-quarts gras	350	450	400
Demi-gras	250	400	300
Quart-gras	150	400	300
Maigre	Moins de 150	400	300

### III.4. La valeur nutritionnelle

Le fromage fondu constitue essentiellement un grand nombre des caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte aussi 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 du calcium (Eck et Guillis, 1987 ; Chambre et Daurelles, 1997).

Du fait de sa conservation et des facilités d'exportation qu'il permet, il peut être un aliment de première importance pour les populations des pays non laitiers. En plus, grâce à la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées, une efficacité nutritionnelle (notamment digestibilité) est conférée au moins égale à celle des composés de départ (Eck et Guillis, 1987 ; Chambre et Daurelles, 1997).

### III.5. Divers types du fromage fondu

Les produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles classées ici par ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial (Boutonnier, 2000).

#### ■ Fromage fondu type « bloc »

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne traçabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium.

#### ■ Fromage fondu type « coupe »

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

#### ■ Fromage fondu tartinable

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

#### ■ Fromage fondu toastable (pour refonte)

Il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers, les croque-monsieur... Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

#### ■ Fromage fondu thermostable

À l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé et les blocs obtenus sont découpés au Japon puis incorporés dans des plats cuisinés à base de légumes ou de poissons. Ces préparations peuvent être appertisées et, à des températures élevées, les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation.



### III.6. Matières premières

#### III.6.1. Matières premières laitières

##### III.6.1.1. Les fromages naturels

Le fromage fondu est le produit laitier dans lequel le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (**Commission codex alimentarius, 2004**). Le choix des fromages utilisés se fait entre les fromages blancs pour fabriquer un fromage blanc fondu pour tartiner, les fromages à pâte pressée cuite comme l'Emmental ou non cuite comme le **Cheddar** et les autres fromages à pâte persillée comme le Roquefort (**Uhlmann, 1985**) en se basant sur le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (**Chambre et Daurelles, 1997**).

##### III.6.1.2. Autres matières premières laitières

Outre que des fromages, d'autres matières premières laitières sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu. On peut citer : Les concentrés protéiques laitiers, les poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, coprécipités, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre (**Fox et al., 2000**).

##### III.6.1.3. Préfonte

La préfonte se comportait sur le plan de la chimie des colloïdes comme un fromage fondu ayant été exposé depuis un certain temps déjà aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Ainsi, la préfonte transmet fortement ce processus physicochimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée. Dès lors, le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte (**Berger et al., 1993**). Mais pour que cette addition soit profitable, la préfonte doit être de bonne qualité texturale, c'est-à-dire « crémeuse » et non surcrémée, sous peine d'entraîner un sur-crémage de toute la pâte du fromage fondu (**Patart, 1987**).

#### III.6.2. Matières premières non laitières

##### III.6.2.1. Eau et matières premières végétales

Dans les fromages fondus, l'eau étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter cette matière première au mélange. Ce qui permet de solubiliser essentiellement et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre (**Marshall, 1990 ; Berger et al., 1993 ; Gliguem et al., 2009**).

Les graisses végétales sont plus économiques que la matière grasse laitière, elles présentent en outre l'avantage d'une absence de cholestérol et d'une grande pauvreté en acides gras saturés (**Bachmann, 2000**).

Ainsi que, différents types de protéines végétales sont ajoutés : les protéines de soja, des arachides et le gluten du blé. Ces dernières ont une capacité élevée d'absorption d'eau et génèrent une consistance épaisse et peu fluide (**Yang et al., 1983 ; Kim et al., 1992 ; Ortega-Fleitas et al., 2001**).

Enfin, l'amidon a été employé pour la diversification des textures ; l'amélioration de l'esthétique des produits ; la simplification de la déclaration du label ; la réduction des coûts de production ; la garantie de la consistance des produits et pour prolonger la durée de conservation (Taggart *et al.*, 2009).

### III.6.2.2. Agents de texture

Ils peuvent être d'origine animale (gélatine), végétale (amidon, gommés de guar, de caroube, alginates, carraghénanes, carboxyméthylcellulose...) ou produits par voie fermentaire (gommés xanthane et gellane) (Kiziloz *et al.*, 2009).

Leur rôle est d'améliorer la consistance et l'onctuosité de fromage fondu, et permet d'éviter toute synérèse et par conséquent faciliter le décollement de l'emballage au contact du produit (Guinee *et al.*, 2002 ; Lucey *et al.*, 2003).

### III.6.2.3. Sels de fonte

Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les citrates, les polyphosphates et les orthophosphates de sodium (respectivement E450, E331, E339) (Berger, 1985 ; Eck, 1987).

Ils sont ajoutés afin de modifier le pH du mélange à fondre, d'influencer considérablement sur le goût (goût de frais) et non négligeable sur la couleur (une blancheur due à la formation des citrates de calcium) et son aptitude à solubiliser la caséine, avec formation d'une masse fromagère homogène (Eck, 1987 ; Corine, 1989).

## III.7. Fabrication du fromage fondu

### III.7.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité

Avant leur utilisation, les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux quant à leur composition physicochimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Chambre *et al.*, 1997).

### III.7.2. Préparation de la matière première

L'écroûtage est réalisé habituellement par raclage ou abrasion, ou encore par de nouvelles techniques telles que les jets d'eau chaude sous pression. Pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte, il est impératif de fragmenter les fromages (Chambre et Daurelles, 1997).

Ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre selon le niveau d'intensité acceptable par le produit fini (Guinee *et al.*, 2004).

Ce travail est réalisé afin d'obtenir un mélange convenable des divers constituants et de faciliter la fonte (Chambre et Daurelles, 1997).

III.7.3. Préparation de la formule et procédé technologique

La fabrication de fromage fondu s'effectue par les étapes suivantes (figure 06).

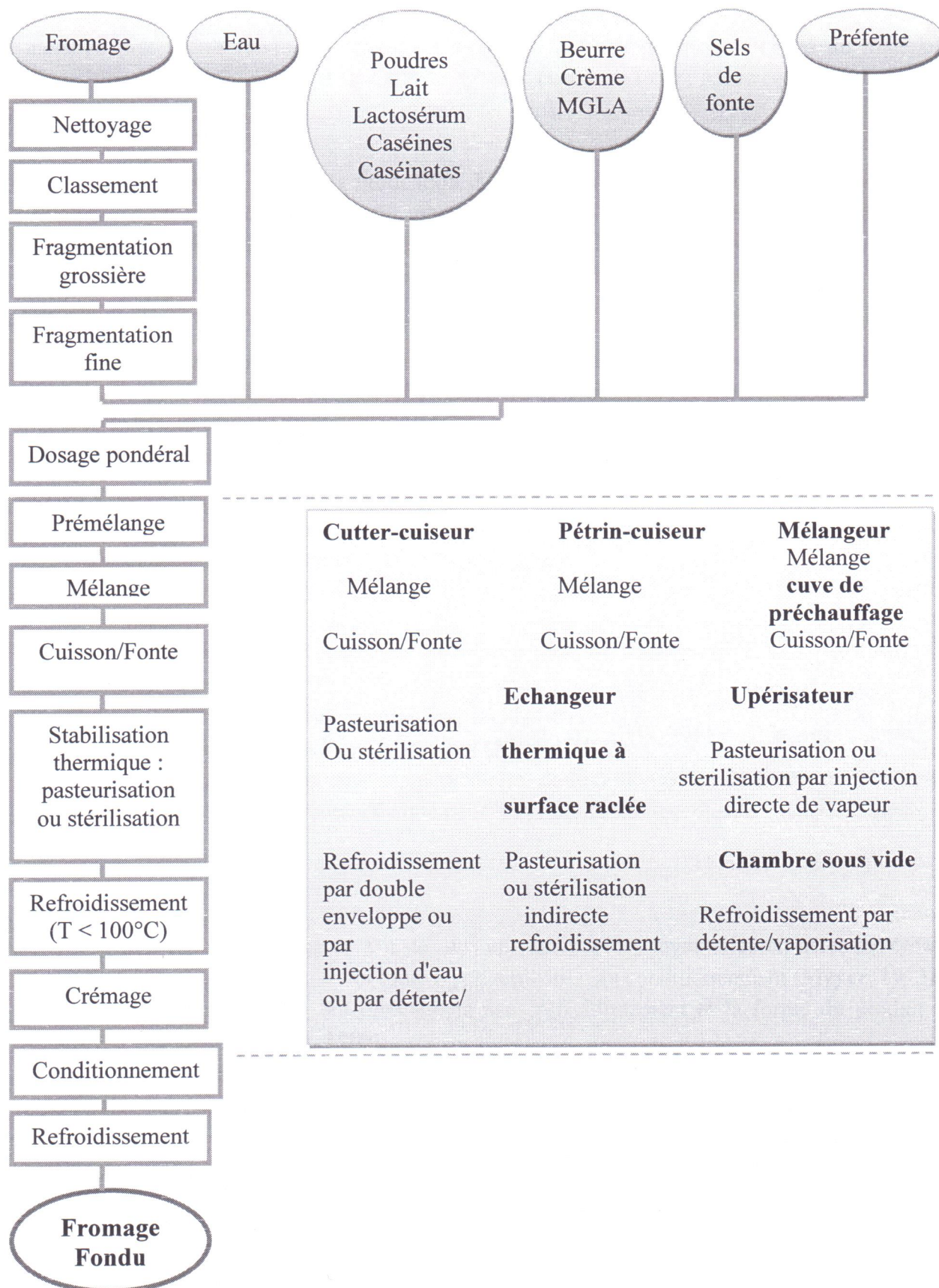


Figure 06: Principales voies de fabrication du fromage fondu (Guinee et al., 2004).

### III.7.3.1. Mélange

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un prébroyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu. L'ordre d'addition des matières premières dépend du matériel à disposition, le type de cuiseur et la durée de cuisson. (Luquet, 1990 ; Mcsweeney *et al.*, 2004).

### III.7.3.2. La cuisson

C'est l'opération clef de la fabrication du fromage fondu, elle peut être réalisée dans des installations en continu reliées à des pompes d'eau, de vapeur et du vide. Le temps et la température de fonte varient entre 70 et 95°C pendant 4 à 15 minutes, tout dépend de l'intensité de l'agitation, la texture souhaitée du produit fini et ses caractéristiques de conservation (Fox *et al.*, 2000).

Dans les cuiseurs continus, le mélange peut être chauffé jusqu'à 140°C pendant 2 à 20 secondes (traitement UHT à une valeur stérilisatrice de 4 min à 121°C), puis refroidi et maintenu à une température comprise entre 70 et 95°C durant 4 à 15 minutes (Zuber *et al.*, 1987 ; Blond *et al.*, 1988 ; Tatsumi *et al.*, 1989 ; Tatsumi *et al.*, 1991 ; Begueria, 1999).

### III.7.3.3. Homogénéisation

L'homogénéisation a un certain nombre d'effets:

- ✓ Amélioration de la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras;
- ✓ Amélioration de la consistance, de la structure, de l'apparence et de l'onctuosité des fromages fondus;
- ✓ Favorise une dispersion plus fine des globules gras ;
- ✓ Favorise généralement l'épaississement (Meyer, 1973).

Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les produits à teneur élevée en matière grasse (Caric et Kalab, 1993).

### III.7.3.4. Conditionnement

Le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute recontamination au conditionnement (Meyer, 1973).

Le conditionnement se fait directement sans refroidissement et la forme du produit est donnée par l'emballage (Joha, 1989).

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermostable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (Meyer, 1973 ; Zehren et Nusbaum, 1992 ; Noronha *et al.*, 2008).

### III.7.3.5. Refroidissement

Un refroidissement trop lent peut favoriser le développement de la réaction de Maillard, mais sa vitesse varie en fonction du type du produit. Il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner afin d'interrompre le processus de crémage et conserver au produit une structure courte

indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante. Il doit être lent pour les blocs (Uhlmann, 1985 ; Chambre et Daurelles, 1997).

Ce refroidissement peut se faire par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus dans des tunnels de refroidissement (Eck et Gillis, 1997).

### III.7.3.6. Stockage du produit fini

Les fromages fondus mis en carton sont stockés dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 à 15°C et la durée de conservation peut être estimée entre 6 à 12 mois si les conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication sont bien respectées (Eck et Gillis, 1997 ; Guinee *et al.*, 2004 ; Bunka *et al.*, 2008).

### III.8. Défauts de fabrication et de stockage

Au cours du processus technologique et pendant le stockage, quelques défauts technologiques peuvent apparaître (Tableau V).

**Tableau V** : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager (Berger *et al.*, 1989).

Aspect de la pâte	Origine possible	Remède
<b>La pâte n'est pas Homogène</b>	- Le pH est faible, et sa valeur dépend de la matière première employée (ex : emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar) - La teneur de sel de fonte est faible - Le temps de cuisson étant court	- Augmenter le pH  - Augmenter la dose - Augmenter le temp
<b>Le fromage fondu liquide</b>	- La matière première utilisée n'est pas affinée, n'arrive pas à crémier ou à l'inverse, est trop vieux et ne gonfle pas - Les sels de fonte employés n'étaient pas crémants - Le mélange contient une quantité élevée d'eau	- Mélanger la matière première jeune avec une autre affinée  - Mettre un sel de fonte crémant  - Vérifier la qualité d'eau
<b>La pâte forme des fils</b>	- L'emploi des sels n'est pas adéquat - Temps de fonte court - Dose de sels de fonte n'est pas exacte - Brassoir d'une vitesse faible	- Augmenter le temps - Augmenter la dose de sels - Augmenter la vitesse des Brassoirs
<b>Le fondu a un goût prononcé de fromage</b>	Cela tient dans la plupart des cas, à un emploi élevé du fromage trop vieux où 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

### III.9. Phénomènes biochimiques de la fonte

#### III.9.1. Peptisation (déstabilisation de la masse protéique)

Après avoir broyé finement les matières premières fromagères et des mises en contact avec l'eau et les sels de fonte on assiste au démarrage de l'étape de déstructuration. Les sels de fonte

### III.10.4. La préfonte

Elle permet d'accélérer la cinétique de réaction et stabilise l'émulsion en favorisant les interactions protéines/lipides ; elle est utilisée pour améliorer la texture et la stabilité du fromage fondu (Berger *et al.*, 1993).

### III.11. Contrôle de la qualité

#### III.11.1. Qualité de la matière première

- **Contrôle physico-chimique:** pH, extrait sec et matière grasse ;
- **Contrôle organoleptique:** aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur ;
- **Contrôle bactériologique:** estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés (Boutonnier, 2002).

#### III.11.2. Qualité au cours de fabrication

- Le respect des proportions des ingrédients par contrôle des masses des ingrédients respectifs ;
- L'homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si possible de la teneur en matière grasse ;
- Le temps et température de fonte, la vitesse de brassage ;
- Le temps et la température de pasteurisation ou de stérilisation, le temps et température de refroidissement ;
- Le temps, la température et l'intensité du brassage, la qualité et quantité de préfonte ajoutée ;
- La température de conditionnement, l'absence de fils de fromage, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du banderolage ;
- Le temps et température de refroidissement (Boutonnier, 2002).

#### III.11.3. Qualité du produit fini

- La présentation du fromage fondu emballé (contrôle général).
- L'aspect et l'étanchéité de l'emballage
- L'aspect externe : brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules infondues, d'exsudation grasse... ;
- La texture : consistance par analyse pénétrométrique, tartinabilité ;
- La flaveur : olfaction, rétro-olfaction et gustation
- La stabilité à la chaleur, aptitude à la refonte dans différentes conditions (four à air chaud, four à micro-ondes...) (Boutonnier, 2002).

#### IV.1. Microbiologie du lait

Du fait de sa composition physico-chimique, le lait est un excellent substrat pour la croissance microbienne (**Larpen, 1996**). Le lait cru, prélevé dans des conditions normales d'hygiène à partir d'un animal sain, renferme de nombreux microbes (**Roudant et lefrancq, 2005**). On répartit les, microorganismes du lait, selon leur importance, en deux grandes classes : la flore indigène ou originelle et la flore contaminant. La flore contaminant est subdivisée en deux sous-classes : la flore d'altération et la flore pathogène (**Lamontagne, 2002**).

##### IV.1.1. Flore indigène ou originelle

Le lait obtenue par une traite aseptique n'est pas stérile .Il contient 1000 à 5000 microorganismes par millilitres (**Leyral et Vierling, 2007**). Ce sont des germes saprophytes du pis et des canaux galactophores (**Larpen, 1996**).Les genres dominants de la flore indigène sont principalement des microorganismes mésophiles (tableau IV) (**Lamontagne et al ; 2002**).

Tableau VI : Flore originels du lait cru (**Lamontagne et al ; 2002**).

Microorganismes	Pourcentage (%)	Coloration de Gram	Forme	Action
<i>Micrococcus sp</i>	30-90	Gram+	Coque	Catalase +
<i>Streptococcus</i> ou <i>Lactococcus</i>	<10			Catalase -
<i>Lactobacillus</i>	10-30		Bâtonnets	Non sporulés

Parmi les microorganismes du lait, on distingue :

- **Flore banale** : Microcoques, Staphylocoques coagulase (-), entérobactéries non toxigènes, *Bacillus spp* (C. E.L. C ., 2000)
- **Flore d'intérêt technologique** : Bactéries lactiques et propioniques Corynébactéries (*Brevibacterium linens*) et levures et moisissures (+ ou -) *Hafnia alnei* (C. E.L. C ., 2000).

Les levures sont très largement répandues dans l'environnement et se retrouvent de façon normale dans le lait. On compte notamment parmi elles *Geotrichum candidum*, *Saccharomyces cerevisiae* (**Hermier et al., 1992**).

##### IV.1.2. Flore contaminante

Le lait peut être contaminé par divers microorganismes de l'environnement, par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait, par le sol, l'herbe ou la litière (**Leyral et Vierling, 2007**).

###### IV.1.2.1. Flore d'altération

Incluse dans la flore contaminant, la flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture est réduira la vie de tablette du produit laitier (**Lamontagne et al., 2002**).

Le lait est en mesure de supports la croissance de contaminants microbiens.

- ❖ **Bactéries** : Les principaux identifiés comme bactéries d'altération dont : entérobactéries, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *microcoque*, *corynébactérie*, *Bacillus*.
- ❖ **Les moisissures** : Sans importance dans le lait liquide, elles intéressent un grand nombre d'autres produits laitiers.

#### IV.1.2.2. Flore pathogène

Ces germes peuvent être soit présents dans le lait notamment lorsqu'il est issu d'un animal malade (agents de mammite, etc.) ou d'origine fécale. (Larpent, 1996).

La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources : l'animal, l'environnement et l'Homme. La flore pathogène est capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers (Lamontagne et al., 2002).

##### ❖ Bactéries

- 1) **Les bactéries responsables d'intoxication alimentaires** : *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, et *Clostridium perfringens*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*. (Leyral et Vierling, 2007).
- 2) **Les bactéries responsables de toxi-infection alimentaires** : Les principales bactéries associées aux lait sont *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei*, *Salmonella sp* (Leyral et Vierling, 2007).

#### IV.2 Microbiologie de fromage

Les microorganismes des fromages ont différentes origines: le lait, l'atmosphère des locaux, le matériel utilisé, la saumure... Ils représentent une population d'environ  $10^6$  cellules par gramme (Leyral et Vierling, 2007).

Le fromage ne peut s'élaborer qu'à l'aide de micro-organismes. Une partie de ces microorganismes est initialement présente dans le lait cru (Jaouen, 1993).

#### III.2.1. Flores naturelles

##### ❖ Bactéries

Elles sont présentes dans un lait recueilli de façon parfaitement aseptique. Ce sont donc, en fait, les diverses bactéries du lait, celles de la flore originelle (Leyral et Vierling, 2007).

##### ❖ Levures

Les levures sont retrouvées de manière plus importante (en moyenne 100 fois plus) à la surface des fromages (à pâte molle notamment) qu'à l'intérieur, tel que *Kluyveromyces*, *Geotrichum candidum*, *Debaryomyces*, *Candida*, *Yarrowia* (Hermier et al., 1992).

##### ❖ Moisissures

Elles jouent un rôle très actif dans l'affinage de certains fromages comme : *Penicillium camembertii* et *Geotrichum* (camembert), *Penicillium roquefortii* (fromage à pâte persillée), *Mucor*, *Penicillium caseicolum* (fromage de Brie) (Leyral et Vierling, 2007).



#### IV.2.2. Micro-organismes d'altération

Parmi elles les coliformes qui peuvent être responsables de gonflements précoces dans les fromages, conduisant notamment en pâte molle, à des accidents spectaculaires (fromage à aspect spongieux).

##### ❖ Levure et moisissure

Les levures et moisissures peuvent se manifester dans le fromage mais les quantités de toxines produites (*Penicillium camemberti*, *P. roqueforti*, *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*) sont trop faibles pour provoquer des intoxications (Jaouen, 1993).

**Tableau VII:** Principaux levures et moisissures responsables d'altérations dans les fromages (Jaouen, 1993).

Microorganismes	Origines
<i>Scopulariopsis fusca</i>	Papier, emballage
<i>Trichosporon penicillatum</i>	Air
<i>Penicillium brevi campactum</i>	Terre, bois, liège, emballage (boîtes en bois)
<i>Penicillium funiculosum</i>	Stores, matériel, lait, eau, air
<i>Geotrichum candidum</i>	Matériel, défaut d'égouttage, de salage du fromage, implantation insuffisante du pénicillium
<i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> , etc	Bois, liège, stores, matériel, lait, eau, air

Il est à noter que le regroupement des microorganismes en flore utile ou flore d'altération est à nuancer en fonction des technologies considérées. Par exemple, le *Mucor* est utile en Tomme de Savoie, mais nuisible en Camembert (accident du « poil de chat »).

#### IV.2.3. Germes pathogènes

Les germes pathogènes provoquant des risques que comporte leur présence dans les produits sont présentés dans le tableau VIII suivant.

**Tableau VIII:** Principaux germes pathogènes rencontrés en fromagerie (Jaouen, 1993)

Nom des bactéries	Effets
<i>Escherichia coli</i>	toxi-infection, gastro-entérite
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listériose, toxi-infection
<i>Salmonella spp.</i>	toxi-infection, gastro-entérite
Staphylocoques pathogènes	Intoxication
<i>Clostridium perfringens</i>	toxi-infection
Germes dits banaux mais charge importante	Intoxication
<i>Bacillus cereus</i>	Intoxication

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Matériels

Tous les matériaux et les milieux utilisés sont fournis par le laboratoire **Pasteur**.

#### I.1.1. Milieux de culture

##### I.1.1.1. 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* sulfito-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.
- Gélose Mueller-Hinton pour la recherche des streptocoques fécaux.

##### I-1-1-2- Milieux Liquides

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

#### I.1.2. Produits chimiques et réactifs

- Solution alcoolique de phénol phtaléine comme indicateur de couleur ;
- NaOH (N/9) : soude Dornic ;
- NaOH concentré : lessive de soude ;
- Méthanol ;
- HCL, 1N ; pure.
- Acide sulfurique concentré ;
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05N ;
- Acide borique à 40 g/l ;
- Alcool iso amylique ;
- K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (en poudre) ;
- Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (en poudre) ;
- Hexane ;
- Réactif de Tashiro ;
- Fushine ;
- Lugol ;
- Alcool à 70°.

- Bleu de méthyle.
- Violet de gentiane.
- Alun de fer.
- Sulfite de sodium
- Tellurites de potassium.






### I.1.3. Matériel biologique



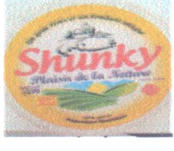
Le matériel biologique nécessaire pour la réalisation de cette étude est le suivant :

- **Les fromages fondus** : dans le but d'évaluer la qualité du fromage fondu, nous avons choisi huit variétés provenant du commerce : **La vache qui rit, kimi, Okid's, Berbère, Président « Alvita », Ramdy, Blady et Chunky.**

Le choix des variétés de fromages a été effectué sur la base de la réputation des marques et de la disponibilité sur le marché jjielien. Trois nombres de lot différents de chaque échantillon sont pris en compte afin de juger que la qualité physicochimique et microbiologique soit bien contrôlée ou non. Le tableau X résume les caractéristiques des marques choisies.

Tableau IX : La gamme des échantillons analysés.

Echantillon Et image	Type	Numéro de lot	Nombre de portions	Rapport G/S
ECH 1 	La vache qui rit	Série 1 : B4 H : 8 :24	16	50 %
		Série 2 : B4 H : 18 :37	08	
		Série 3 : B4 H : 04 :54	08	
ECH 2 	Kimi	Série 1 : P2 H : 20 :48	16	40 %
		/	/	
ECH 3 	Berbère	Série 1 : P 07720 H : 20 :03	16	40 %
		Série 2 : P 114 H : 11 :28	08	
		Série 3 : P 3 H : 03 :51	08	
ECH 4 	Ramdy	Série 1 : B3 H : 11 :23	16	40 %
		Série 2 : C5 H : 02 :56	08	
		Série 3 : A5 H : 14 :52	08	
ECH 5 	Okid's	Série 1 : 11 OK/03 H : 02 :29	16	40 %
		Série 2 : 02 OK/02 H : 13 :41	08	
		Série 3 : 07 OK/04 H : 14 :58	08	

	ECH 6	Blady	Série 1 : 062 H : 20 :47	16	45 %
			Série 2 : 014 H : 06 :08	08	
			Série 3 : 082 H : 23 :02	08	
	ECH 7	Président « Alvita »	Série 1 : 010 H : 05 :31	16	50 %
			Série 2 : 050 H : 07 :38	08	
			Série 3 : 079 H : 10 :51	08	
	ECH 8	Shunky	Série 1 : 2802 H : 11 :12	16	35 %
			Série 2 : 2602 H : 14 :52	08	
			Série 3 : 1302 H : 01 :23	08	

#### I.1.4. Appareillages et matériels

- Etuve de 37°C et 44°C (Memmert, INB 500) ;
- Etuve de 103 ± 2°C « Memmert ».
- Four à moufle réglable à 500°C (Memmert, 100.800) ;
- Balance analytique ;
- Thermomètre ;
- Butyromètre « Fun Gerber » ;
- Chromatographe phase gazeuse de type SHIMADZU QP2010 ;
- pH mètre (HANNA ; 493324) ;
- Bain marie (HEIDOLPH, 517.01002.00.2) ;
- Four pasteur réglable à 120°C « controls » ;
- Burette sur support ;
- Compteur colonies (Funk, Gerber, 8502 ; 1819) ;
- Autoclave ;
- Agitateur vortex « Heidolph REAX top » ;
- Réfrigérateur pour la conservation des échantillons ;
- Evaporateur rotatif « Heidolph vv 2000 » ;
- Ballon et chauffe ballon ;
- Appareil de Kjeldahl : « Frontschieber Geschlossen Halten » ;
- Distillateur pour Kjeldahl : « Gerhardt » ;
- Hôte chimique ;
- La verrerie : Bêchers, éprouvette, pipettes pasteur, pipettes graduées, verres de montre, burettes, tubes à visse, petits flacons stériles, billes de verre, matras ;
- Microscope optique.

## I.2. Méthodes

### I.2.1. But de travail

Le but de notre travail est de continuer un contrôle déjà effectué dans le passé, sur la qualité physicochimique et microbiologique des fromages fondus commercialisés dans la Wilaya de Jijel.

C'est un contrôle comparatif entre les échantillons choisis de ce type de fromage pour vérifier que les fromagers sont prendre en compte le respect des normes internationaux afin de commercialiser un produit conforme aux normes et apte à la consommation humaine.

Cette étude comparative à été effectuée afin de vérifier que les marques de fromage analysé (locales et importées) ont les même valeurs nutritionnelles ou non et pour connaître l'origine de la matière première essentiellement la matière grasse utilisée dans la technologie de fonte.

### I.2.2. Zone d'étude

L'étude a été menée dans la wilaya de Jijel. La période de notre étude s'étale sur les deux mois de: **Mai et juin 2013**.

### I.2.3. Echantillonnage

Le prélèvement de cette gamme de fromage fondu a été réalisé au hasard et dans des conditions de vente normale.

*La date des prélèvements du 04 mai à 10 juin.*

### I.2.4. Préparation des échantillons

Les échantillons sont placés dans le réfrigérateur. Puis ils sont divisés en trois fractions; une pour effectuer les analyses microbiologiques, la 2<sup>ème</sup> pour effectuer les analyses physicochimiques et la dernière est réservée en cas des défauts au cours de notre étude.

### I.2.5. Contrôle microbiologique

#### I.2.5.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Pour les fromages fondus, l'analyse comprend 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, cette préparation a été faite selon les méthodes de **Joffin et Joffin, 1999 et de Guiraud, 2003**.

#### ❖ Technique

L'analyse microbiologique des échantillons a comporté les opérations préalables suivantes :

- 1- Découper du fromage à l'aide d'une spatule stérile.
- 2- Peser 10g de fromage fondu dans un flacon stérile.
- 3- Mettre en solution de la prise d'essai dans 90ml de solution stérile d'eau physiologique.

4- A partir de la suspension de fromage ainsi obtenu au  $1/10^{\text{ème}}$ , des dilutions convenables sont effectuées dans une solution stérile d'eau physiologique.

5- répartir ensuite 9 ml d'eau physiologique stérile dans une série de deux tubes, après avoir homogénéisé la solution mère. Transférer à l'aide d'une pipette stérile 1 ml dans le tube n°:1 ; il représente la dilution  $10^{-2}$ . Après avoir homogénéisé le contenu du tube n°:1, transférer 1 ml à l'aide d'une autre pipette stérile dans le tube n°2 afin d'obtenir la dilution  $10^{-3}$ .

### **I.2.5.2. Recherche et Dénombrement des flores**

#### **I.2.5.2.1. Dénombrement de la flore totale mésophile FTM**

La flore mésophile totale est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banals de contamination. Elle est apte à se multiplier aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre  $25^{\circ}\text{C}$  et  $40^{\circ}\text{C}$  (Guiraud et Rosec, 2004 ; Bourgeois et al., 1996).

Le dénombrement des flores totales mésophiles a été fait selon la méthode de Guiraud, 1998.

#### **❖ But**

Le dénombrement de la flore totale mésophile reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évolution.

Un volume connu de produit pur ou de dilution est incorporé dans un milieu solide préalablement fondu. On compte après étuvage à la température choisi, le nombre de colonies, en tenant compte des problèmes rencontrés.

#### **❖ Technique**

- Faire fondre la gélose PCA dans un bain marie à  $100^{\circ}\text{C}$ , laissé la refroidir à  $45^{\circ}\text{C}$ .
- A l'aide d'une pipette stérile, prélever 1ml de la solution mère ( $10^{-1}$ ) et le déposer sous forme de gouttelette au fond de la boîte de pétri, puis faire couler aseptiquement la gélose et homogénéiser le tout.
- Laisser solidifier, puis incubé à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24h-48h.
- Faire le même pour la dilution  $10^{-2}$ .

#### **❖ Lecture**

Dénombrer toutes les colonies lenticulaires apparentes dans les boîtes contenant 30 et 300 colonies.

#### **I.2.5.2.2. Dénombrement des coliformes totaux**

On appelle coliformes totaux en général, tout bacille Gram négatif, non sporulant, aérobic - anaérobic facultatif, capable de fermenter le lactose dans les 48 heures, avec formation d'acide et de gaz à  $37^{\circ}\text{C}$  (Singleton, 1999).

Le dénombrement des coliformes totaux a été faite selon la méthode de Joffin et Joffin, 1999.

**❖ But**

L'intérêt de dénombrement des coliformes est de déterminer pour le produit testé une contamination fécale.

**❖ Principe**

Toutes les techniques utilisent des milieux contenant du lactose ; et ; pour les milieux liquides une cloche mettant en évidence la production du gaz .Un certain nombre de milieux utilise des agents sélectifs inhibiteur des bactéries Gram +.

**❖ Technique**

Faire fondre la gélose VRBL au bain marie à 100°C, puis refroidir à 45°C .A l'aide d'une pipette graduée,ensemencer 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  sous forme de gouttelette puis couler la gélose fondue dans les boîtes de pétri contenant l'inoculum et homogénéiser le tous. Incuber les boîtes à 37°C pendant 24-48h.

**❖ Lecture**

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

**I.2.5.2.3. Détermination des coliformes thermotolérants**

Les coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux sont des coliformes fermentant le lactose avec production du gaz à 44°C, leur dénombrement au même but et principe comme pour les coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux a été faite selon la méthode de **Joffin et Joffin, 1999**.

**❖ Technique**

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.

**I.2.5.2.4. Dénombrement des levures et moisissures**

Les levures sont des champignons unicellulaires, alors que les moisissures sont des champignons filamenteux unis ou multicellulaires.

Ce sont des hétérotrophes, aérobies, généralement acidophiles, psychrophiles et mésophiles (**Guiraud, 2003**).

Le dénombrement des levures et moisissures a été réalisé selon la méthode décrite par **Larpen, 1997**.

**❖ But**

Le dénombrement des levures et moisissures reflète la qualité hygiénique des produits ainsi que les conditions de conditionnement et de vente.

**❖ Principe**

Le principe est basé sur la germination des spores fongiques qui se trouvent dans le produit alimentaire.

**❖ Technique**

- Faire fondre la gélose OGA au bain marie à 100°C, puis la refroidir à 45°C. Ensuite couler la gélose fondue dans des boîtes de pétri et laisser la prendre en masse. A l'aide d'une pipette pasteur stérile, ensemer 0.1 ml de la dilution  $10^{-2}$  et faire un étalement à la surface du milieu.
- Incuber les boîtes à température ambiante pendant 3-5 jours.

**❖ Lecture**

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

**1.2.5.2.5. Recherche, dénombrement et identification des Staphylocoques**

La recherche de staphylocoques dans les échantillons de fromages a été faite selon la méthode de **Joffin et Joffin, 1999**.

**❖ But**

Les Staphylocoques sont des contaminants qui peuvent provenir de différentes origines. Les origines les plus incriminés sont les manipulateurs, l'emballage, et surtout l'aire et les machines souillées.

**❖ Principe**

La recherche des Staphylocoques est basée sur l'emploi de milieux sélectifs :

- Milieu d'enrichissement : Bouillon de Giolitti – Contoni.
- Milieu d'isolement ou de dénombrement : gélose Chapman.

Les colonies suspectes observées sur ce milieu sont comptées et identifiées.

**❖ Technique**

La recherche des Staphylocoques se déroule généralement en trois étapes : l'enrichissement, l'isolement, et l'identification.

L'enrichissement consiste à mettre en culture à l'aide d'une pipette stérile 1ml de la solution mère, dans un tube contenant 9 ml du milieu « Giolitti-Contoni » additionné de tellurite de potassium, puis homogénéiser 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.

L'isolement s'effectue sur milieu sélectif, couler la gélose Chapman déjà fondu et laisser prendre en masse. A partir des tubes positifs de l'enrichissement et à l'aide d'une anse de platine, prendre une gouttelette et déposer à la surface du milieu. L'isolement s'effectue par la méthode d'épuisement. Laisser sécher et incuber à 37°C pendant 24h.

Les Staphylocoques peuvent présentés différentes colonies convexes, jaune citron, orange ou blanchâtres à contour régulier.

Pour la purification et identification des Staphylocoques, les souches isolées à partir de milieu Chapman, sont soumises à un repiquage successif jusqu'au l'obtention d'une souche pure



(colonies de même forme et de même couleur). 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.

L'identification des genres *Staphylococcus* repose sur les caractères suivants: la coloration de Gram et test de catalase (+) sont réalisées selon la méthode de **Joffin et Joffin, 1999**.

### 1<sup>er</sup>ement : Coloration de Gram

#### ❖ But

La coloration de Gram a permis de distinguer deux groupements principaux de bactéries répondant différemment à une même coloration, parce que leur paroi est de structure et de composition différentes.

#### ❖ Principe

Les bactéries à Gram<sup>-</sup> se décolorent (rose), sous l'action des solvants organiques, à cause de leur paroi rendue poreuse par la dissolution des lipides qui constituent son composant principale, ce qui n'est pas le cas des bactéries à Gram<sup>+</sup> qui gardent leur coloration (Violette).

#### ❖ Technique

#### - Préparation des frottis

Sur une lame dégraissée, déposer une goutte d'eau physiologique stérile, puis étaler une colonie prélevée de la gélose nutritive et laisser sécher.

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

#### - Coloration

- Recouvrir le frottis par la violette 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<sup>+</sup>.

### 2<sup>ème</sup>ment : La recherche de la catalase (+)

#### ❖ But

Elle a pour but la classification des bactéries aérobies.

#### ❖ Principe

La catalase a la propriété de décomposer l'eau oxygénée avec dégagement d'oxygène. C'est l'action directe de l'enzyme qui est mise en évidence dans la masse bactérienne.



#### ❖ Technique

- 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.



**❖ Lecture**

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

**I.2.5.2.6. Recherche et dénombrement des Salmonelles**

La recherche de salmonelles a été effectuée selon la méthode de **Joffin et Joffin ,1999**.

**❖ But**

Les Salmonelles sont des bactéries toujours pathogènes provoquant des gastroentérites. Leur recherche et leur identification permettent donc démontrer le danger possible d'un produit.

**❖ Principe**

Le nombre de *Salmonella* étant en générale faible dans le produit, il est nécessaire de procéder à un pré enrichissement et à un enrichissement dans un milieu sélectif.

L'isolement est ensuite réalisé sur milieu sélectif (Hektöen) et les colonies suspectes sont identifiées par les techniques classiques jusqu'au sérotypage.

**❖ Technique**

Consiste à effectuer en premier temps un enrichissement et à prélever 1 ml de la solution mère et le placer aseptiquement dans un tube contenant le milieu « SFB » (D/C). Incuber à 37°C pendant 24h.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme résultats positifs et donc subissent à un isolement.

En deuxième temps, un isolement a été effectué à partir d'un tube positif d'enrichissement « SFB », prélever une goutte par l'anse de platine stérile et déposer au bord d'une boîte de pétri contenant la gélose Hektöen préalablement fondue et additionné d'un additif d'Hektöen.

**I.2.5.2.7. Recherche et dénombrement de Streptocoques fécaux****❖ But**

Les Streptocoques fécaux sont considérés comme un indicateur d'une contamination fécale du produit alimentaire. Leur recherche nous renseigne sur la qualité hygiénique de ce produit (**Devuchelle, 1996**).

La recherche et le dénombrement ont été effectués selon la méthode réalisée par **Joffin et Joffin ,1999**.

**❖ Principe**

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif. On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de « Rothe » (Agent Sélectif: azide  $N_3^-$ ). Dans un deuxième temps, on utilise l'action de deux agents sélectifs : l'azide et l'éthyle-violet .En repiquant une anse des tubes + dans le milieu de « Litsky ».

**❖ Technique**

La recherche des Streptocoques fécaux a été faite selon la méthode décrite par (**Joffin et Joffin ,1999**) modifiée.

### - Test présomptif

A l'aide d'une pipette graduée stérile, prélever 1 ml de la solution mère et transférer 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 fécale. La présence d'un trouble nécessite un test confirmatif.

### - Test confirmatif

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

#### ❖ Lecture

Vu le manque du milieu Eva-Litsky, nous sommes constaté seulement du test présomptif, cependant, pour des éventuelles études microbiologiques approfondies, nous avons procédé à un isolement et identification du genre *Streptococcus*.

- Isolement du genre *streptococcus* consiste à :

Faire fondre la gélose Mueller-Hinton au bain marie à 100°C, puis refroidir à 45°C, couler ensuite la gélose fondue dans les boîtes de pétri.

A l'aide d'une anse de platine, ensemercer par épuisement une gouttelette à partir des tubes présentant un trouble microbien sur le milieu de « Rothe » sur la gélose solidifiée.

Incuber les boîtes à 37°C pendant 24-48h.

- L'identification et la purification a été effectuée selon les deux méthodes citées précédemment dans l'identification de staphylocoques (la coloration de Gram et la recherche de catalase).

### 1.2.5.2.8. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

La recherche et le dénombrement des sulfito-réducteurs sont réalisés comme test de contamination fécale éventuellement ancienne vu la résistance des spores à l'extérieur (**Joffin et Joffin ,1999**).

#### ❖ Technique

La recherche et le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs ont été effectués selon la méthode décrite par **Joffin et Joffin ,1999 et Guiraud, 2003**.

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

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

Incuber à 37°C pendant 24-48h.

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

## I.2.6. Contrôle physico-chimique

### I.2.6.1. Mesure du pH et détermination de l'acidité

#### a- Mesure du pH

La mesure de PH a été effectuée selon la méthode décrite par **Mathieu, 1998**.

##### ❖ But

La mesure du pH est pour but de déterminer l'état de fraîcheur et de stabilité du fromage fondu, au cours de la chaîne de production et la commercialisation.

##### ❖ Principe

Le principe est basé sur la détection des ions d'hydronium ( $H_3O^+$ ), due en grande partie aux groupements d'acides dissociables.

##### ❖ Technique

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

Disperser 10g de fromage fondu dans 100ml d'eau distillée puis plonger l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et mesurer directement le pH avec la correction de la température.

#### b- Détermination de l'acidité Dornic

La détermination de l'acidité Dornic a été effectuée selon la méthode décrite par **Vignola, 2002**.

##### ❖ Principe

L'acidité est déterminée par dosage titrimétrique de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium (N/9), en présence de la phénolphtaléine comme indicateur.

##### ❖ Technique

Disposer 10g de fromage fondu dans 100ml d'eau distillée, puis prendre 10ml de la solution mère et ajouter 5 gouttes de phénolphtaléine. Titrer 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.2.6.2. Détermination de la teneur en matière sèche

Détermination de la teneur en matière sèche a été réalisée selon la méthode décrite par **Lecoq, 1965**.

##### ❖ Principe

Elle consiste à déterminer la masse d'un échantillon de fromage fondu après élimination de l'eau par évaporation à ( $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ), jusqu'à masse constante (3-4 heures).

❖ **Technique**

Une masse de 10g de fromage fondu est placée dans un creuset sec et taré, puis portée 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.2.6.3. Détermination du taux d'humidité**

Détermination du taux d'humidité a été effectuée selon la méthode décrite par **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.2.6.4. Détermination de la teneur en matière minérale**

Détermination de la teneur en matière minérale a été réalisée selon la méthode décrite par **Lecoq, 1965**.

❖ **Principe**

On appelle, par convention « Cendre du fromage » le produit résultant de l'incinération de la matière sèche à température connue et dans un lent courant d'air.

❖ **Technique**

Une masse de 10g du fromage fondu est mise dans un creuset taré et placée dans un four à moufle où l'incinération se fait à une température voisine de  $450\text{-}500^\circ\text{C}$ . L'incinération est poursuivie pendant 4 heures.

Le résultat peut être calculé en appliquant la formule suivante :

**MM**: Matière minérale.

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

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

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

**I.2.6.5. Détermination de la teneur en matière organique**

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

**MO** : Matière organique.

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

**MS** : Matière sèche.

**MM** : Matière minérale.

### I.2.6.6. Détermination de la teneur en matière azotée

L'azote est dosé selon la méthode de Kjeldahl qui est une méthode de référence (Vignola, 2002). Son principe peut être subdivisé en trois étapes :

#### ❖ La minéralisation :

La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré et chaud, en présence d'un mélange de catalyseurs ( $K_2SO_4$ ,  $CuSO_4$ ).

Dans un matras de 100ml on a mis :

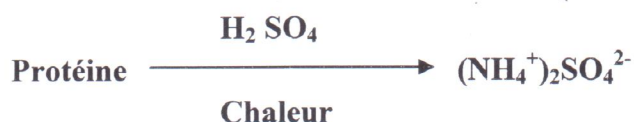
- à l'aide d'une spatule 5g du fromage ;
  - 2g de sulfate de potassium ;
  - 2g de  $CuSO_4$  ;
  - Billes de verre ;
  - 15ml de l'acide sulfurique.
  - Ensuite on place le matras sur la rampe de minéralisation, le col placé dans le dispositif d'aspiration des vapeurs.
- ✓ En présence de d'acide sulfurique concentré et chaud, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote des composés organiques se retrouvent sous formes de  $CO_2$ ,  $H_2O$  et  $NH_3$ .

L'acide sulfurique étant en excès, on a :



On a chauffé doucement puis augmenter le chauffage jusqu'à ce que le liquide est devenue limpide et on a poursuivi le chauffage pendant 15 à 20 minutes.

L'azote total se retrouve sous la forme d'ion d'ammonium (forme minérale):



-Au cours de la minéralisation, l'acide sulfurique est partiellement décomposé et réduit en  $SO_2$  et  $SO_3$  qui forment des fumées blanches irritantes et toxiques.

-L'utilisation d'un mélange de catalyseurs permet d'avoir une minéralisation plus rapide :

- $K_2SO_4$  permet d'élever la température d'ébullition de l'acide sulfurique de 350 à 400°C ;

On peut effectuer la minéralisation à ces températures sans avoir de pertes trop importantes d'acide sous forme de vapeurs ;

- $CuSO_4$  est le catalyseur de minéralisation proprement dit : il augmente la vitesse de la minéralisation.

#### ❖ La distillation

Le dosage de l'azote total est un dosage acido-basique. Les ions d'ammonium du minéralisât se trouvent en excès d'acide sulfurique, on peut les doser directement.

Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisât sous forme de  $NH_3$  (ammoniac), puis il faudra récupérer l'ammoniac seul pour pouvoir le doser à l'aide d'une solution étalonnée d'acide fort.

Pour isoler l'ammoniac on procède par distillation.

On a dilué le contenu du matras de minéralisation par adition de 30 à 50ml d'eau distillé ;

Après on l'a transféré vers le ballon de l'appareil à distiller. Joindre les eaux de rinçage (400 ml environ).

Puis ajusté l'allonge au réfrigérant pour qu'elle plonge au fond d'une capsule de porcelaine contenant 20 ml d'acide borique à 40g/l et 3 à 4 gouttes d'indicateur de Tashiro ; et placé la burette contenant une solution d'acide sulfurique titré (0,05mol/l).

L'ammoniac (du sulfate d'ammonium) est déplacé par une solution d'hydroxyde de sodium concentré puis entraîné par la vapeur d'eau :



- **Déplacement de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$**

On a alcalinisé le contenu du ballon à distiller (pour transformer les ions d'ammonium du minéralisât en ammoniac) ; pour cela on a utilisé 65ml de la lessive de soude.

Le minéralisât est ainsi tout d'abord neutralisé puis alcalinisé. On a alors :



La lessive de soude étant en excès, tous les ions ammonium sont transformés en ammoniac et donc d'abord tout l'azote se trouve sous forme de  $\text{NH}_3$ . Il faut adapter le ballon à l'appareil de distillation de manière à éviter toute perte d'ammoniac.

- **Isolement de l'ammoniac**

Il est réalisé par distillation : on effectue le minéralisât alcalinisé; le  $\text{NH}_3$  se dégage sous forme de vapeur que l'on condense et que l'on recueille pour le dosage.

- **Dosage de l'ammoniac**

L'ammoniac est dans une solution d'acide borique (acide faible qui ne réagit pas avec l'ammoniac, il sert simplement de piège à l'ammoniac).

L'ammoniac ainsi piégé est neutralisé au fur et à mesure de son arrivée par un acide sulfurique en présence de l'indicateur.



On verse alors la solution étalonnée d'acide fort pour ramener l'indicateur à sa teinte sensible : gris sale).

Lorsque la teinte de virage était stable pendant 5 minutes de distillation on a stoppé le dosage.

La matière azotée totale (NT) est ensuite calculée suivant les formules suivantes :

$$\text{NT}\% = 14 * \text{Vs} * \text{N} * 100 / \text{m}$$

**Vs** : Volume  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nécessaire pour titrer la solution de l'échantillon.

**N** : Normalité  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et **m** : La masse de l'échantillon en gramme.

Les protéines sont données par la formule :

$$\text{Taux protéines (g/100 g de fromage): NT (\%) x 6.38}$$

**6,38** : facteur protéique (**facteur de conversion**).

### I.2.6.7. Détermination de la teneur en matière grasse

Détermination de la teneur en matière grasse a été effectuée selon la méthode de VAN GULIK décrite par AFNOR, 1999.

### ❖ Principe

La méthode utilisée pour la détermination de la teneur en matière grasse est celle de VAN GULIK, c'est une technique conventionnelle basée sur la dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et séparation de la matière grasse par centrifugation en présence d'alcool iso amylique.

### ❖ Technique

Déposer 3g de l'échantillon dans un butyromètre à fromage, ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'échantillon soit émergé, puis placer le butyromètre à un bain marie à 65°C pendant 5 min, pour favoriser la dissolution complète des protéines, par la suite additionner 1ml d'alcool iso amylique et remplir d'acide sulfurique jusqu'à mi-échelle du butyromètre, puis homogénéiser et centrifuger 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.2.6.8. Rapport gras/sec (G/S)

La détermination de rapport gras/sec a été effectuée selon la méthode décrite par **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** : Rapport gras/sec (%).

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

**G** : Matière grasse.

**S** : Matière sèche.

#### I.2.6.9. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) a été effectuée selon la méthode décrite par **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 :

**ESD** : Extrait sec dégraissé.

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

**EST** : Extrait sec total.

**MG** : Matière grasse.

#### I.2.7. Analyse de la composition en acide gras par GC-MS

L'analyse qualitative de la composition de fromage fondu en acides gras par Chromatographie Phase Gazeuse couplée à une Spectroscopie de Masse a été effectuée selon la méthode décrite par **Ollivier et al., 2006**.



### ❖ Principe

La détermination des acides gras y compris les isomères positionnels et géométriques peut être donnée avec une haute résolution et sensibilité dans la colonne capillaire. Ainsi la GC-MS est la seule technique dont le besoin soit considéré pour l'analyse habituelle de la plupart des échantillons des acides gras.

### ❖ Technique

En premier temps, on prépare les esters méthyliques selon le mode opératoire suivant :

Dans un tube à bouchon vissant, on pèse 20 mg de fromage fondu, on ajoute 0.5 ml d'heptane et on agite, on ajoute ensuite 0.2 ml de la solution méthanoïque 2 N d'hydroxyde de sodium, le tube est bouché à l'aide d'un joint et porté au bain thermostaté à 60° C pendant 30 secondes à 1 minute puis on agite pendant 10 secondes, on ajoute ensuite 0.2 ml d'HCl à 2 mol/l, après agitation, on transvase dans un tube en verre, on laisse décanter puis on prélève 100 µl de la phase supérieure dans un tube en verre et on fait évaporer en milieu ventilé. On fait reprendre cette quantité par 50 µl d'heptane. On laisse se séparer jusqu'à ce que la phase supérieure devienne claire.

En fin, la phase supérieure contenant les ester méthyliques est récupérée.

Les esters méthyliques sont injectés dans un chromatographe phase gazeuse (CPG) de type SHIMADZU QP2010 dans les conditions suivantes :

- Colonne capillaire de type SE30 apolaire ;
- Détecteur : FTD;
- Solvant : heptane ou hexane ;
- Température d'injection : 250°C ;
- Mode d'injection : fente ;
- Température d'ion source : 180°C ;
- Temps de coupe de dissolvant : 3 min ;
- Mode de grain de détecteur : relatif ;
- La phase stationnaire : SE30/Diméthyle polysiloxane ;
- La phase mobile : hélium (60 à 80 ml/min).

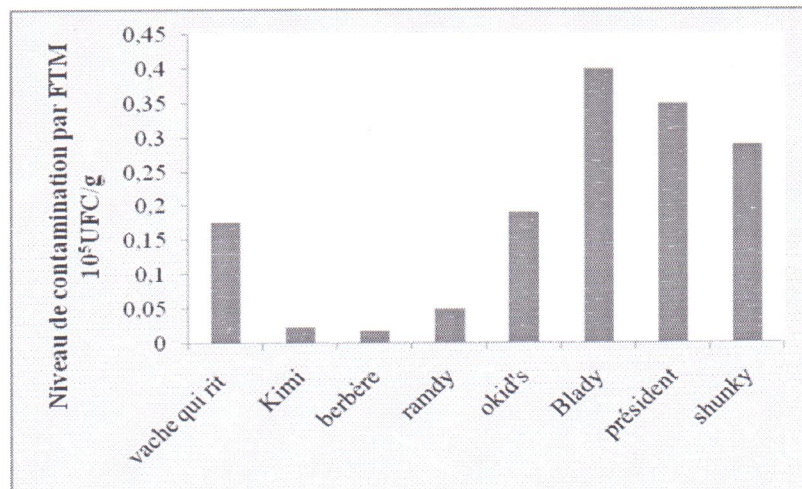
## II.1. Analyse microbiologique

### II.1.1. Résultats de la flore totale mésophile

Les résultats du dénombrement de la flore totale mésophile des échantillons analysés sont représentés dans la figure 07.

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

L'analyse microbiologique des huit échantillons de fromage fondu a montré la présence d'une charge variable de la flore totale mésophile. Le plus haut moyen de cette flore a été enregistré pour le fromage de « Blady » ( $0,40 \cdot 10^5$  UFC/g), le taux le plus moins de la flore mésophile a été observé pour le fromage de « Berbère » ( $0,019 \cdot 10^5$  UFC/g). Les fromages présentent une charge globale microbienne variable d'une variété à une autre et d'un lot à l'autre. Ces résultats restent toujours dans les normes dictées par la loi ( $10^5$  UFC/g).



**Figure07** : Variation du niveau de contamination moyenne en FTM dans les échantillons de fromage fondu.

**Catteau (1996)**, rapporte que l'augmentation de la charge en FTM est révélatrice du manque d'hygiène au sien de l'exploitation ou lors de la production et de la vente du fromage.

Ces résultats restent inférieurs à la norme exigée et qui est de l'ordre de  $10^7$  ufc/g, mais il semblerait que les variétés désignées par « Président » et « Shuncky » montre un niveau élevé de contamination par rapport aux autres variétés mises sur le marché ce qui nous oriente à dire que leur chaîne de fabrication doivent être contrôlées pour déterminer l'origine de ces contaminations pour prévenir et éviter des accidents sanitaires chez le consommateur.

### II.1.2. Coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes dans le fromage fondu permet d'évaluer les conditions d'hygiène qui prévalaient lors de la production ou de la vente du fromage. Les résultats d'évaluation du nombre des coliformes totaux sont résumés dans la figure 08.

L'analyse de la variation de la qualité microbiologique de différentes variétés de fromage fondu a montré que cette qualité varie d'une manière non significative selon les variétés et selon les lots ( $P > 0,05$ ).

Les teneurs en coliformes totaux trouvées sont variables entre l'absence totale et la présence d'une faible charge microbienne. L'analyse a révélé une contamination de certains échantillons en coliformes totaux « Ramdy » avec une valeur de  $0,53.10^3$ UFC/g, « Blady » avec une charge de  $2,4.10^3$ UFC/g, « Président » présente un taux de  $3.10^3$ , « Shuncky » avec un moyen de  $12,3.10^3$  UFC/g ces résultats sont en accord avec les résultats de l'estimation de la flore totale et qui a révélé que la variété « Shuncky » présente une tendance de contamination plus élevée que l'ensemble des variétés étudiées (Figure 8). Ces résultats obtenus sont acceptables et restent dans les normes ( $10^5$  UFC/g). Il faut rappeler que les coliformes sont dénombrés pour montrer et estimer une éventuelle contamination fécale dans les produits alimentaires (Vignola, 2002 et Fantasia et al., 1975). Ces résultats nous permettent aussi bien le consommateur que le fabricant pour éviter le risque sanitaire que peut représenter la consommation de produits alimentaires souillés notamment chez les enfants et les personnes immunodéprimés.

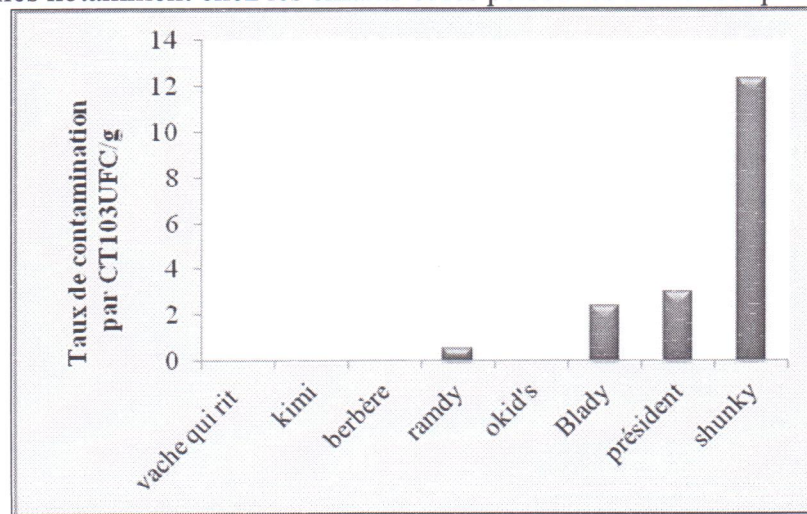


Figure 08 : Variation du niveau de contamination moyenne par CT dans les échantillons de fromage fondu.

### II.1.3. Coliformes thermo-tolérants

L'analyse de variance a montré que les résultats de dénombrement des coliformes thermo-tolérants varient d'une manière non significative ( $P > 0,05$ ).

Concernant le dénombrement des coliformes thermo-tolérants, il semblerait que ce type de germe sont pratiquement absents dans les sept échantillons de fromage étudiés, contrairement au fromage fondu de « Shuncky » qui présente un nombre moyen de  $0,6.10^3$ UFC/g.

Cette variabilité de la charge microbienne peut être due à la composition microbienne native du lait utilisé ou à des contaminations extérieures durant le processus de fabrication de fromage fondu. La présence de cette flore dans le fromage est un indice de contamination fécale mais aussi d'un manque d'hygiène (Vignola, 2002).

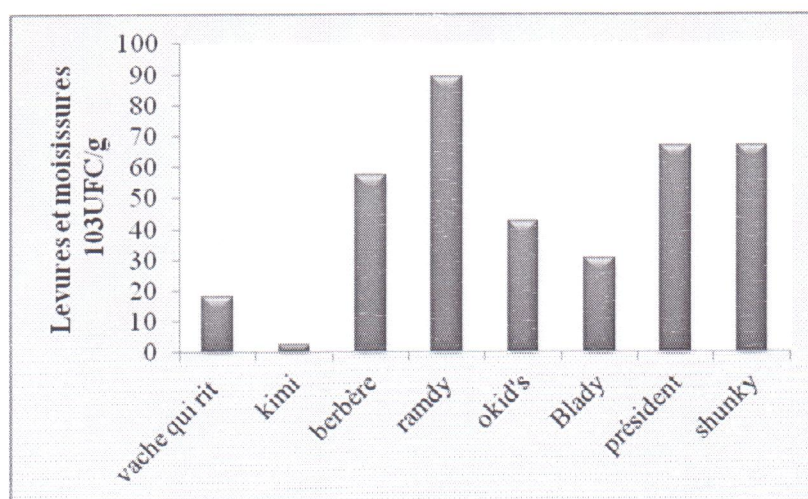
L'origine des contaminations des produits laitiers serait liée au manque d'hygiène le long du circuit de la production, depuis la gestion du troupeau, jusqu'à la conservation du produit final, en passant par la traite et la transformation du lait (mains sales, eau non potable, absence de désinfection des matériaux) en revanche ces résultats obligent le producteur de revoir aussi bien l'ensemble des composantes de la chaîne de fabrication ainsi que la matière première utilisée, de plus une éducation en hygiène alimentaire et corporelle du personnel semble indispensable.

#### II.1.4. Levures et moisissures

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

Le dénombrement des levures et moisissures révèle une tendance de variabilité importante dans les différentes variétés des fromages fondu analysées, en effet, elle est située entre  $2,4 \cdot 10^3$  UFC/g et  $89,33 \cdot 10^3$  UFC/g, avec une moyenne de  $45,8610^3$  UFC/g (figure 9). Les variétés « Ramdy », « Berbère », « Président » et « Shunky » présentent les charges les plus élevées.

On retrouve dans le fromage des levures nuisibles sont généralement responsables de la production de gaz et certaines dégradations détectées par des odeurs d'alcool, par un gonflement des emballages (Vignola., 2002).



**Figure 09:** Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage fondu.

La flore fongique cause l'altération de la qualité marchande des produits alimentaires, par apparition d'odeur désagréable. L'altération provoquée par les moisissures conduit à une modification de la qualité nutritionnelle et de la qualité organoleptique (Bourgeois et Leveau., 1991). La dégradation d'aliments causée par levures peut être déterminante de la prolifération d'autres microorganismes et particulièrement ceux qui sont doter d'un pouvoir pathogène. (Vignola., 2002).

#### II.1.5. Staphylocoque

Le contrôle de huit marques avec trois lots du fromage fondu montre l'absence totale des staphylocoques dans tous les échantillons. La recherche de *Staphylococcus aureus* permet de prévoir si l'aliment présente un risque pour le consommateur car ils peuvent produire une entérotoxine qui cause des intoxications alimentaires.

La pasteurisation serait efficace sur ce germe, qui est retrouvé par la suite en faible quantité, probablement à cause d'erreur de pasteurisation (couple temps/température) ou dans les mesures de nettoyage (Aggad et al., 2009).

### II.1.6. La recherche de *Salmonella*

Les résultats de la recherche des salmonelles dans l'ensemble des échantillons analysés sont négatifs. Ces résultats sont en accord avec la norme algérienne qui oblige les producteurs de fromage fondu à mettre sur le marché un produit fini exempt de salmonelles. De plus, Certains sels possèdent un effet bactériostatique, c'est le cas surtout des polyphosphates et des orthophosphates qui peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces de *Salmonella*, des bactéries à Gram-positif y compris *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes* et *Clostridium botulinum* en prolongeant la durée de conservation du produit fini (Loessner *et al.*, 1997).

### II.1.7. Streptocoque fécaux

Les résultats de recherche des streptocoques fécaux montrent l'absence totale de ces germes dans les fromages fondus analysés. Le taux de streptocoques est en rapport avec l'état de santé des vaches, les conditions hygiéniques de la production, et d'éventuelles contaminations au cours du dénombrement. Les streptocoques sont des entérocoques d'origine fécale. Les streptocoques fécaux sont moins souvent associés aux germes pathogènes que les coliformes fécaux.

### II.1.8 *Clostridium* sulfito-réducteurs (CSR)

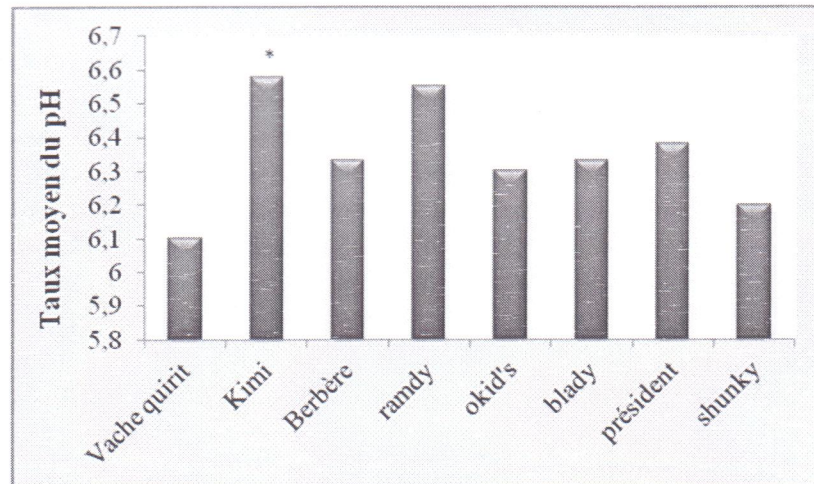
Les résultats de recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs fécaux montrent l'absence totale de ces germes dans l'ensemble des échantillons analysés. Les Spores présentent une grande résistance dans les milieux naturels, leurs présences dans les produits alimentaires est un indice d'une contamination fécale ancienne, qui est à l'origine des infections et d'intoxications alimentaires parfois graves (Joffin et Joffin, 1999).

## II.2. Analyses physico-chimique

### II.2.1. Résultats de la mesure du pH

Les résultats du pH des échantillons analysés ont montrés que les valeurs du pH varient entre 6,10 et 6,58 avec une moyenne de  $6,34 \pm 0,24$ . L'analyse de variance a montré que ces résultats varient d'une manière non significative selon les lots ( $P > 0,05$ ), et d'une manière significatif selon les variétés du fromage fondu ( $P < 0,05$ ).

Les valeurs moyennes du pH des échantillons de fromages fondus étudiés sont supérieures à celles rapportées par Patart, 1987, qui a montré que les valeurs du pH d'un fromage fondu se situent entre 5,3 et 5,8.



\*: significative

**Figure10** : Variation du pH dans les échantillons de fromage fondu.

Selon les résultats de la figure 10, on constate que l'échantillon de « Berbère » et celui de « Okid's » présentent les mêmes valeurs du pH  $6,33 \pm 0,01$ , on de même pour les échantillons « Blady » et « Président » avec du pH 6,3 et  $6,38 \pm 0,01$  respectivement. Le plus haut moyen du pH a été enregistré pour le fromage de « Kimi » avec une valeur de 6,58 et suivi par le fromage de « Ramdy »  $6,55 \pm 0,01$ . Les variabilités des valeurs du pH sont liées à la nature de matières premières. Plus de calcium est maintenu à un pH s'écoulant plus élevé (**Arthur and Prashanti Kethireddipalli., 2011**).

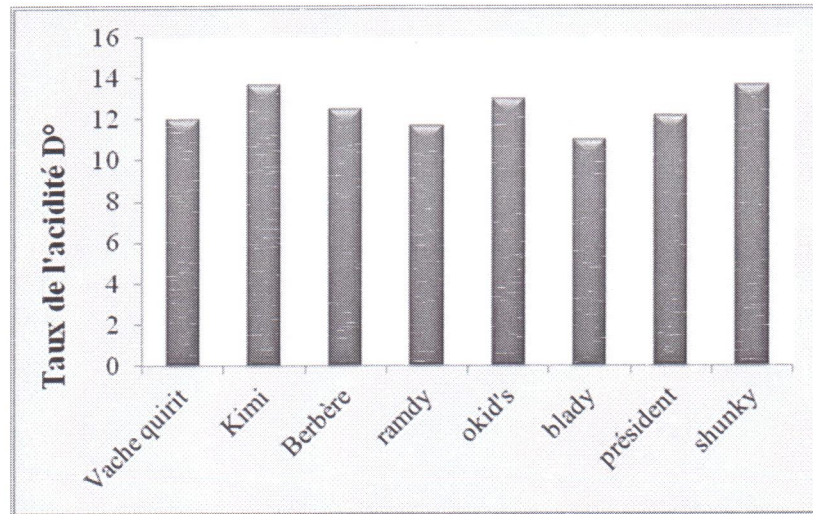
Les bactéries pathogènes qui se retrouvent dans les aliments peuvent se multiplier à des pH variant de 4,4 à 9,0. Les produits ont un pH inclus dans cette plage et présentent donc un potentiel de contamination et de croissance bactérienne plus élevé.

Une évolution appropriée de l'acidité, permet de contrôler la sûreté et la qualité de fromage (**Arthur and Prashanti Kethireddipalli., 2011**).

### II.2.2. Acidité Dornic

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

D'après l'analyse des résultats de la figure 11 l'intervalle de l'acidité obtenu est  $[10,99 \pm 1,66 D^\circ - 13,66 \pm 2,34 D^\circ]$  avec une valeur moyenne de  $12,82 \pm 0,84 D^\circ$ . La limite minimale est enregistrée pour le fromage « Blady » et la limite maximale est déterminée pour les échantillons « Président » et « Kimi ». Globalement la valeur moyenne l'acidité obtenu est enregistrée pour les fromage de « vache qui rit », « Président », « Berbère » et « Okid's » qui présentent presque les mêmes valeurs d'acidité  $12 \pm 2,00 D^\circ$ ,  $12,16 \pm 0,84 D^\circ$ ,  $12,49 \pm 0,83 D^\circ$ ,  $12,99 \pm 0,66 D^\circ$  respectivement.



**Figure 11 :** Variation de l'acidité dans les échantillons de fromage fondu.

Une acidité élevée est due principalement à la présence de protéines dans le fromage, surtout les caséines, de substances minérales telles que le phosphate et le  $\text{CO}_2$ , et d'acides organiques, le plus souvent l'acide citrique (Amiot *et al.*, 2002). Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions hydronium.

Il semble que ces résultats sont en corrélation avec le taux des protéines des fromages analysés.

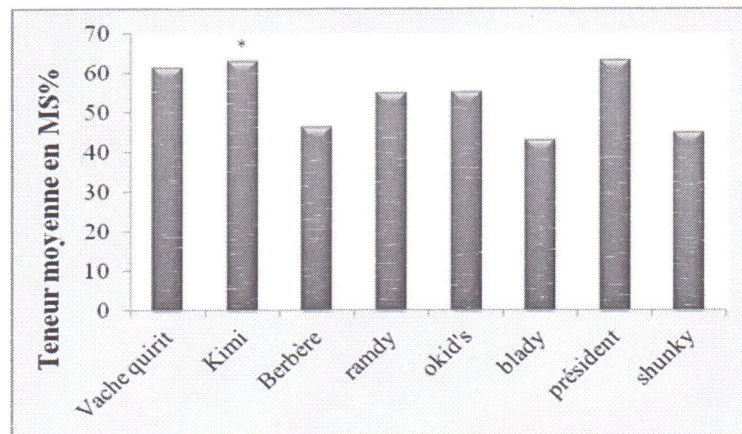
Le pH et l'acidité dépendent des conditions hygiéniques, de la flore microbienne totale et son activité métabolique, ainsi que de la manutention du lait (Labio *et al.*, 2009).

### II.2.3 La teneur en matière sèche

Les résultats de la matière sèche des 8 variétés de fromage fondu analysés sont représentés dans la figure 12.

L'analyse de variance a montré que les résultats du test de la matière sèche varient d'une manière non significative selon les lots ( $P > 0,05$ ) et de manière significative selon les marques du fromage fondu ( $P < 0,05$ ). Ces résultats révèlent que la valeur nutritive des marques « la vache qui rit », « Kimi » et « Président » semble beaucoup plus riches en matières nutritives que les marques « Shuncky », « Blady » et « Berbère » (figure 12).

La matière sèche du produit est l'ensemble de ses constituants solides, sont les matières grasses, les protéines, les glucides et les minéraux (Vignola., 2002). En revanche, il faut noter que Simbelie. En 2008 a montré que le fromage fondu doit présenter une teneur minimale en matière sèche de 40 grammes pour 100 grammes de produit fini, ces résultats nous laissent la possibilité de dire que les valeurs de la matière sèche obtenue sont en accord avec la norme.



\*: significative

**Figure 12 :** Variation de la teneur en matière sèche dans les échantillons de fromage fondu.

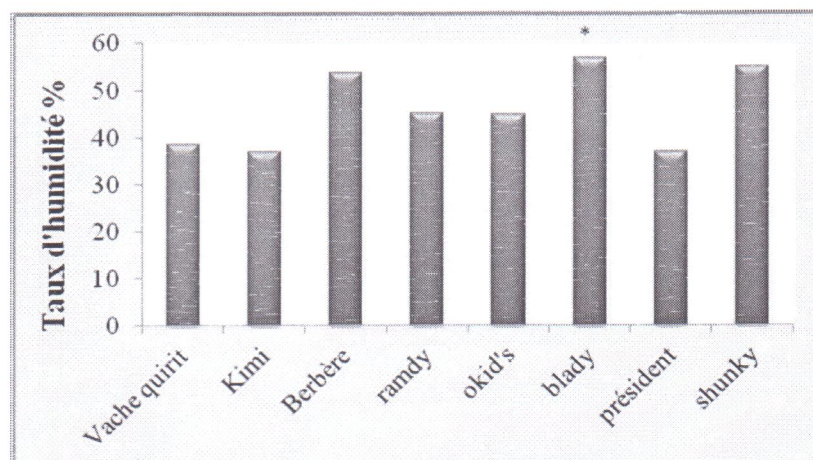
L'extrait sec est le complément à 100 de la teneur en eau. Il est fonction de la matière grasse du lait, de la crème ajoutée et de l'importance de l'égouttage car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche (Fredot, 2009).

#### II.2.4 L'humidité

L'analyse de variance a montré que les résultats d'humidité des échantillons analysés varient d'une manière non significative selon les lots ( $P > 0,05$ ) et d'une manière significative selon les labels du fromage ( $P < 0,05$ ).

Les résultats obtenus de ce test montrent que ce paramètre varie entre  $36,78 \pm 5,37\%$  et  $56,85 \pm 0,25\%$  (figure 13), où une valeur maximale de  $56,85 \pm 0,25$  est réservée pour la variété de « Blady », et les échantillons de « Berbère » et « Shunky » présentent presque les mêmes valeurs qui sont près de la valeur maximale  $53,79 \pm 2,39\%$  et  $54,93 \pm 0,52$ , respectivement, les valeurs moyennes  $45,04 \pm 0,56\%$  et  $44,65 \pm 4,05\%$  sont notées en respectives pour les marques de « Ramdy » et « Okid's », alors que les valeurs minimales  $36,78 \pm 5,37\%$ ,  $36,87\%$  et  $38,55 \pm 7,15\%$  sont réservées pour les marques de « Président », « Kimi » et « Vache qui rit » respectivement.

Les valeurs maximales d'humidité pour trois types de fromage fondu « Blady », « Berbère » et « Shunky » sont supérieures à celle rapportée par Fredot., 2009 qui est de 50%. Il faut noter que les autres types de fromage analysés restent dans la norme.



\*: significative

**Figure 13 :** Variation du taux d'humidité dans les échantillons de fromage fondu.



Le taux élevé d'humidité dans les échantillons de « Blady », « Shunky » et « Berbère » est probablement due à une forte teneur en eau dans la matière première du fromage ou un mauvais contrôle de l'ajout d'eau dans l'étape de fonte.

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire (**Gliguem et al., 2009**).

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.

L'humidité finale est liée à différents facteurs comme le degré d'égouttage du caillé, la teneur en matière grasse du lait utilisé, la durée et les conditions d'affinage (**Fredot., 2009**).

Le contenu d'humidité influence, donc, sur le pH du fromage final, parce qu'il détermine la quantité de lactose résiduel/fermentable dans le fromage ;et l'histoire de pH, alternativement, influencent l'humidité de fromage en affectant le taux et l'ampleur de la synérèse. L'humidité finale de fromage est également fortement influencée par les conditions d'emballage et de maturation (**Arthur et Prashanti Kethireddipalli., 2011**).

La structure et la texture du fromage étudié dépendent de tous les facteurs discutés ci-dessus et également sur d'autres facteurs :humidité, teneur en graisse, activité de plasmine, histoire de pH, calcium total et insoluble, température et temps de chauffage avant s'étirant, et temps de maturation (**Arthur et Prashanti Kethireddipalli.,2011**).

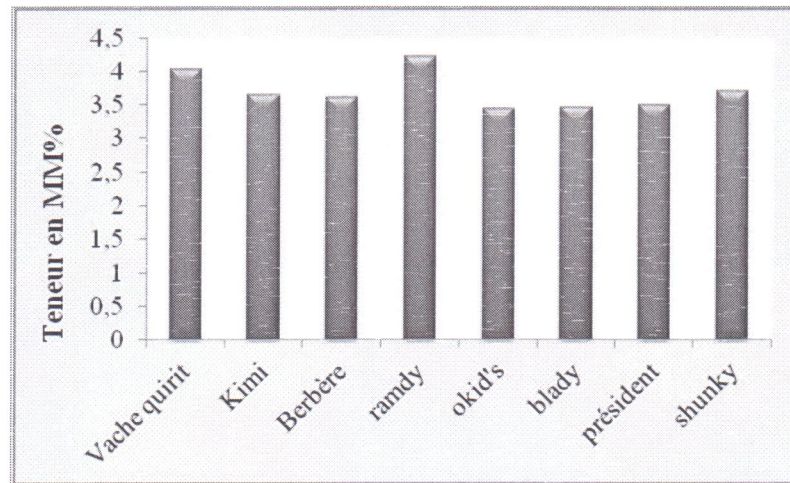
### II.2.5 La teneur en matière minérale

Le taux de la matière minérale obtenu des différentes marques des fromages fondus analysés sont présentés dans la figure 14.

L'analyse de variance a montrée que les résultats de la matière minérale des fromages fondus étudiés varient d'une manière non significative selon les marques et les lots du fromage.

Pour les cendres (ou la matière minérale), les valeurs mesurées pour les huit variétés de fromage fondu varient entre  $3,43 \pm 0,27$  % et  $4,22 \pm 0,13$ % avec une valeur moyenne de  $3,82 \pm 0,4$ %. Les valeurs trouvées sont presque similaires pour les types de Okid's, Blady, Président, Berbère, Kimi, Shunky en respectives  $3,43 \pm 0,27$ %,  $3,45 \pm 0,25$ %,  $3,5 \pm 0,3$ %,  $3,6$ %,  $3,65$ % et  $3,7 \pm 0,4$ %, sauf que les marques de « Ramdy » et « Vache qui rit » qui ont des valeurs légèrement supérieures  $4,22 \pm 0,13$  et  $4,03 \pm 0,17$ , respectivement.

La richesse de deux variétés de fromage fondu « Ramdy » et « Vache qui rit » est probablement due à la richesse de la matière première en sels minéraux ainsi que l'utilisation des sels de fonte.



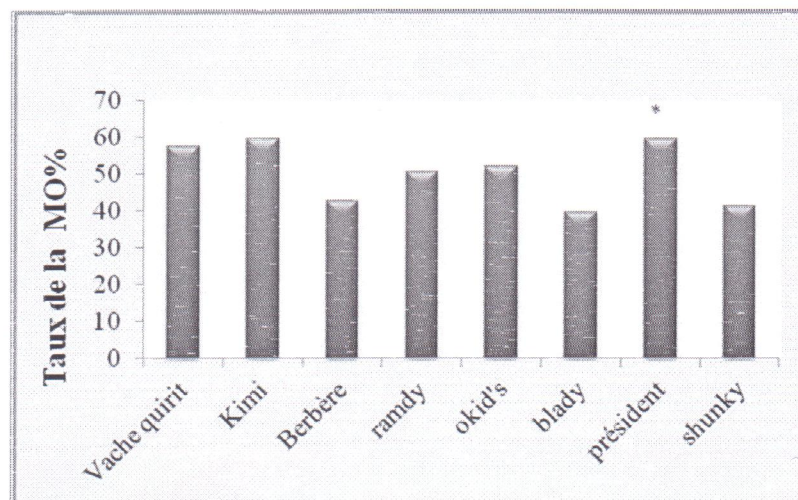
**Figure 14:** Variation de la teneur en matière minérale dans les échantillons de fromage fondu.

La composition en matière minérale du fromage fondu dépend du type de fromage qui a été utilisée comme matière première.

### II.2.6 La teneur en matière organique

D'après l'analyse de la variance, il semble que le fromage fondu étudié ne présentait pas de différences significatives entre les lots ( $p > 0,05$ ) mais varie d'une manière significative selon les marques du fromage fondu ( $P < 0,05$ ) ces résultats sont en accord avec ceux retrouvées lors de l'analyse de la matière sèche dans les différentes marques de fromages fondu analysés.

Les valeurs de la matière organique des différents échantillons analysés (figure15) se situent dans un intervalle de [39,7%-59,73%] dont la valeur minimale 39,7% est enregistrée pour la marque de « Blady », la valeur moyenne notée dans le cas de fromage fondu « Ramdy »  $50,74 \pm 0,44\%$  et la valeur maximale est réservée pour le fromage de « Président ». Les autres marques de fromage fondu étudiées ont un taux de matière organique soit près de la valeur minimale dans le cas de « Berbère » et « Shunky » de l'ordre  $42,62 \pm 1,61\%$  et  $41,38 \pm 0,12\%$ , de la valeur maximale dans le cas de « Vache qui rit » et « Kimi » avec des taux  $57,42 \pm 7,32\%$  et  $59,48\%$  respectivement.



\*: significative

**Figure15 :** Variation de la teneur en matière organique dans les échantillons de fromage fondu.

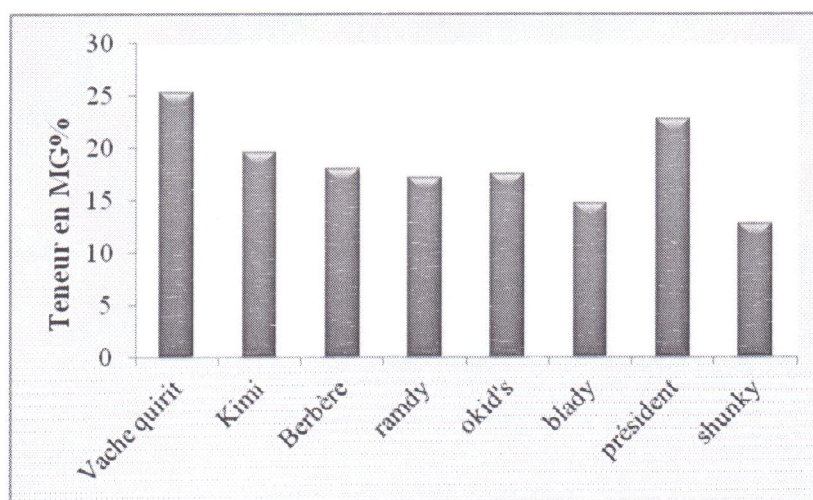
La richesse des fromages fondus analysés en matière organique est liée directement à leur richesse en matière sèche.

### II.2.7 La teneur en matière grasse

Le taux de la matière grasse des échantillons étudiés de fromage fondu sont illustrés dans la figure 16.

Comme le montre la figure 16, le taux de matière grasse était dans l'intervalle de [12,70-25,40] ce dernier ne varie pas significativement ( $p > 0,05$ ).

On observe clairement qu'il y a une variabilité entre les huit échantillons de fromage. Les valeurs de la matière grasse varient entre 12,70 % et 25,40% avec la valeur maximale est notée pour la marque de « Vache qui rit » et suivi celui par le type « Président » 22,80 %, la valeur minimale est enregistrée pour la marque de Shuncky.



**Figure 16 :** Variation de la teneur en matière grasse des échantillons analysés

D'après **Fredot., 2009**, la teneur minimale en matière grasse est de 30 grammes pour 100 grammes de produit fini de fromage fondu.

Ces différences en matière grasse sont probablement dues à la composition des matières premières ou au processus de fabrication (poudrage).

La baisse de la teneur en matière grasse peut être glosée par l'effet des traitements thermiques, des sels de fonte qui ont un rôle émulsifiant et d'homogénéisation ; qui engendrent une réduction de la taille des globules gras jusqu'à 1  $\mu\text{m}$  de diamètre (**Tamime et al., 1990**).

Les matières grasses jouent un rôle essentiel dans la texture du fromage et lui confèrent ses saveurs et son caractère particuliers. Elles contribuent aussi à prolonger sa durée de conservation.

La matière grasse du lait est un composant critique qui détermine la qualité de fromage. Les lipides de lait affectent la rhéologie de fromage et donnent une consistance rugueuse (**Yoshida, 1989**), saveur d'influence en agissant en tant que source des acides gras et leurs dérivés et en agissant en tant que dissolvant pour le sapide les composés ont produit à partir des lipides et d'autres précurseurs. Ils forment également l'interface de l'eau de destine où beaucoup les réactions importantes se produisent (**Collins et al., 2004**).

Plus le produit est riche en eau, plus il est pauvre en matières grasses (MG). La teneur en MG est variable suivant le taux de MG du lait utilisé ou de l'enrichissement en crème : elle varie de 0 à 30 g/100 g.

L'oxydation de lipide est un facteur important affectant la qualité de produits laitiers traités, particulièrement pendant de longues périodes du stockage (Pettersen et al., 2005).

### II.2.8 La teneur en protéine

L'analyse de variance a montrée que les résultats de l'azote des échantillons analysés varient d'une manière non significative ( $P \geq 0,05$ ).

Le taux de protéines dans le produit fini est exprimé en g/100 g fromage, les résultats retrouvés sont situés entre 1,70 % et 5,82% pour «Shunky » et « vache qui rit » respectivement. Ces résultats confirment la pauvreté en matière nutritives de certaines marques comme « shunky », « Blady ». En effet, La proportion des protéines contenues dans le fromage dépend essentiellement de la teneur en matière sèche de la pâte (Zhang et al., 2006). En revanche, les résultats du dosage de la matière minérale retrouvés semblent être fortement inférieurs à ceux rapportés dans les travaux de Mounsey et O'riordan, 2008 qui avait un taux de protéines de 16,90 % à 20,50 % en absence d'amidon dans la formule.

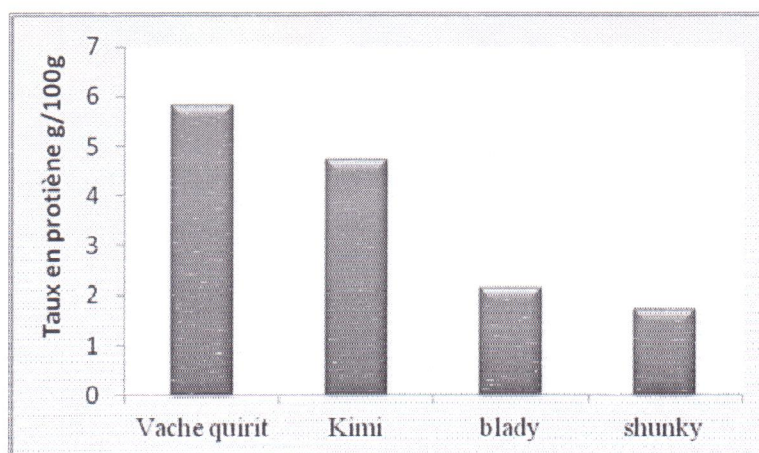


Figure 17 : Variation du taux en protéines dans les échantillons analysés de fromage fondu

### II.2.9 Rapport gras/sec

Les résultats de rapport de la matière grasse sur la matière sèche sont résumés dans la figure 18.

Ces résultats de ces marques analysés ne sont pas conformes à ceux qui sont mentionnés sur l'emballage en ce qui concerne le rapport de la matière grasse sur la matière sèche.

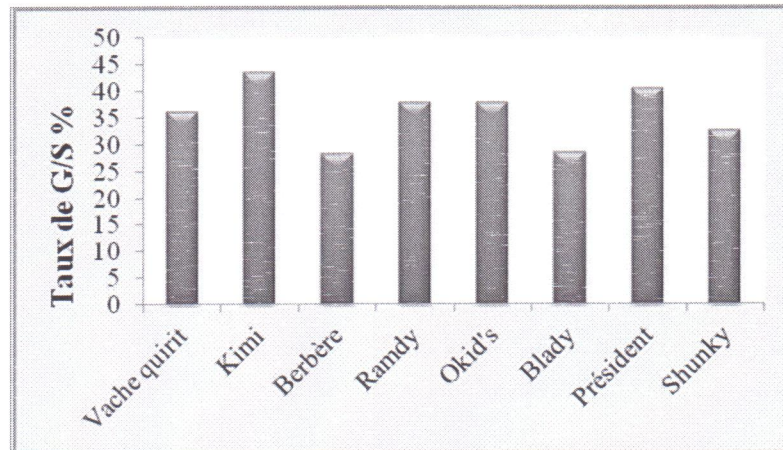


Figure 18 : Variation du rapport gras/sec des échantillons analysés.

### II.2.10. L'extrait sec dégraisse (ESD)

Selon les résultats de la figure 19 l'extrait sec dégraisse des échantillons analysés varie entre 28,22% et 43,53%.

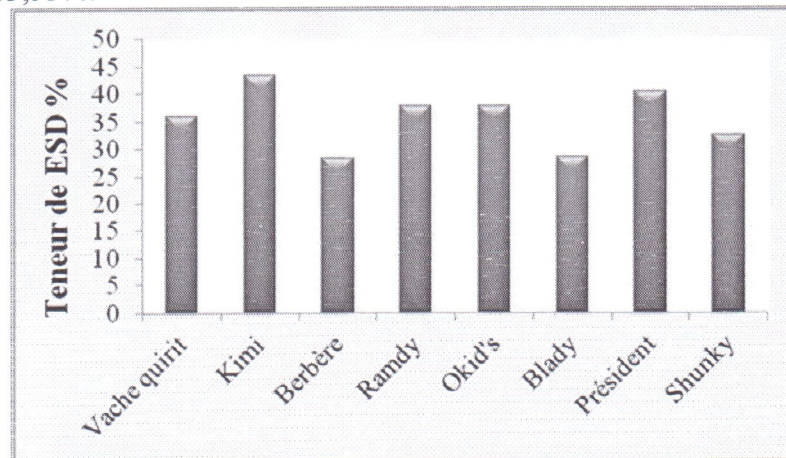


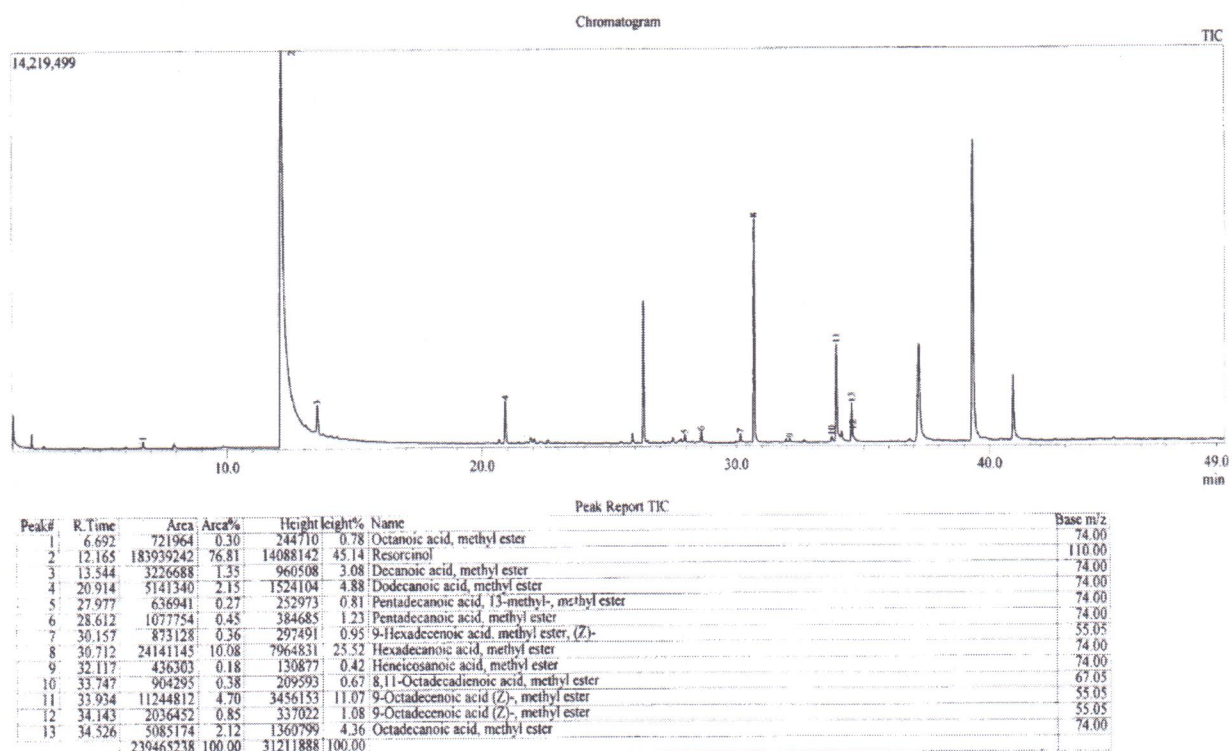
Figure 19 : Variation de la teneur en ESD d'échantillons analysés.

Les valeurs de l'ESD sont inférieures aux normes pour tous les fromages, cela peut être dû à l'insuffisance de l'enrichissement du lait reconstitué en poudre du lait au cours de la standardisation du lait.

### II.3. Résultats de l'analyse qualitative de la composition en acides gras par GC-MS

L'analyse des échantillons de fromage fondu par Chromatographie en phase Gazeuse couplée à une Spectroscopie de Masse (GC-MS) nous a permis d'obtenir des chromatogrammes de chaque échantillon analysé.

Le chromatogramme relatif au premier échantillon (la vache qui rit) a montré la présence de 12 pics représentant chacun un acide gras (figure 20).

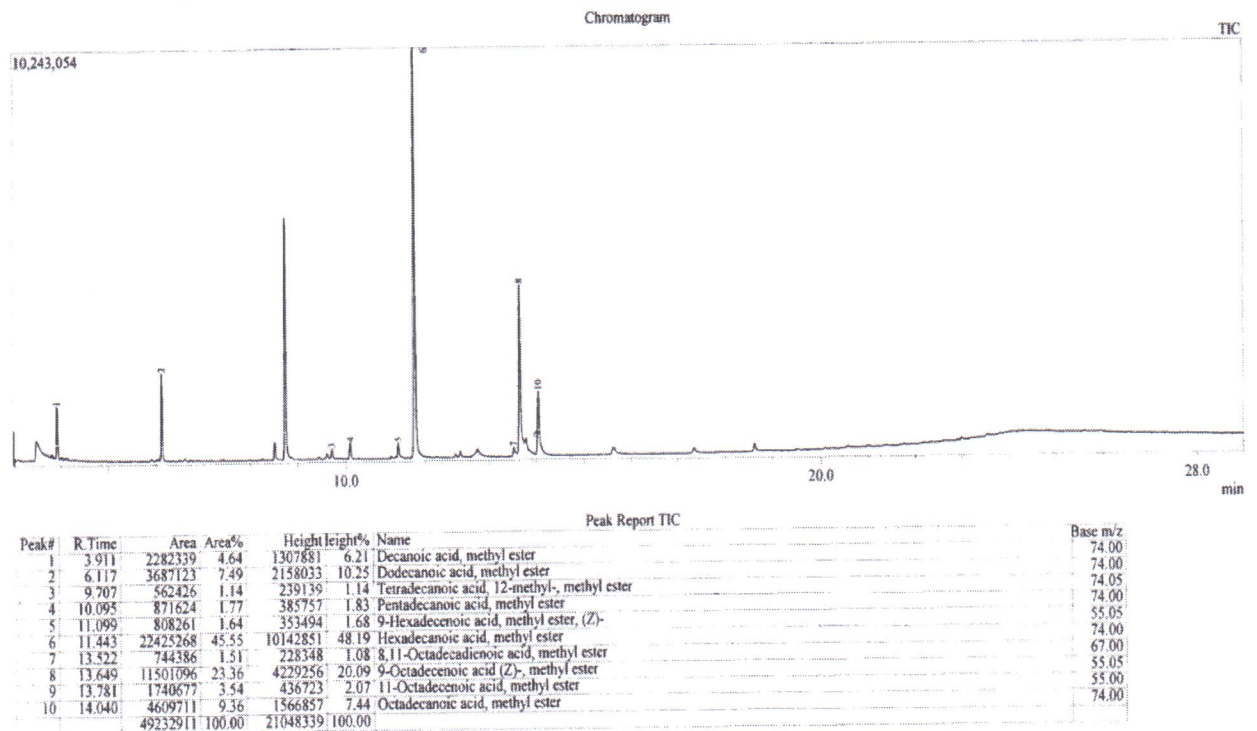


**Figure 20 :** Chromatogramme de l'échantillon (01) (la vache qui rit)

Ce chromatogramme montre la présence des acides gras saturés comme l'acide octanoïque (C8 :0) appelé aussi « l'acide caprylique », l'acide décanoïque (C10 :0) « acide caprique », l'acide dodécanoïque (C12 :0) « acide laurique », de l'acide pentadécanoïque (C15 :0) « acide margarique », de l'acide hexadécanoïque (C16 :0) « acide palmitique », de l'acide octadécanoïque (C18 :0) « acide stéarique » et de l'acide eicosanoïque (C20 :0) « acide arachidique », ainsi, la présence des acides gras insaturés comme l'acide 9-hexadécénoïque (C16 : 1(9)) représenté par « l'acide palmitoléique », de l'acide 8,11-octadécadiénoïque (C18 : 2(8, 11)) qui est un isomère de l'acide linoléique (C18 : 2(9,12)), de l'acide 9-octadécénoïque (C18 : 1(9)) « acide oléique », et des acides gras ramifiés comme l'acide pentadécanoïque-13 méthyl (C16 :0).

Le pic N°2 dans ce chromatogramme représentant le « resorcinol » qui est un produit chimique contaminant.

Le chromatogramme relatif au deuxième échantillon (kimi) a montré la présence de 10 pics représentant chacun un acide gras (figure 21).



**Figure 21** : Chromatogramme de l'échantillon (2) (Kimi)

A partir de ce chromatogramme, on peut noter la présence de certaines acides gras saturés comme: l'acide décanoïque (C10 :0) « acide caprique », l'acide dodécanoïque (C12 :0) « acide laurique », l'acide pentadécanoïque (C15 :0) « acide margarique », l'acide hexadécanoïque (C16 :0) « acide palmitique », de l'acide octadécanoïque (C18 :0) « acide stéarique », ainsi que des acides gras insaturés comme : l'acide 9-hexadécanoïque (C16 : 1(9)) représenté par « l'acide palmitoléique », de l'acide 8,11-octadécadiénoïque (C18 : 2(8, 11)) qui est un isomère de l'acide linoléique (C18 : 2(9,12)), de l'acide 9-octadécénoïque (C18 : 1(9)) « acide oléique » et l'acide 11- octadécénoïque (C18 :1 (trans11)) « acide trans-vaccénique » et en fin la présence des acides gras ramifiés comme l'acide tétradécanoïque-12 méthyl (C15 :0).

Les chromatogrammes relatif au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> échantillon de la marque « berbère » (figure 22) « Ramdy » (figure 23) ont montré la présence de 08 pics représentant chacun un acide gras ; il est approximativement identique à celui de l'échantillon (2) de la marque « Kimi » (figure 21).

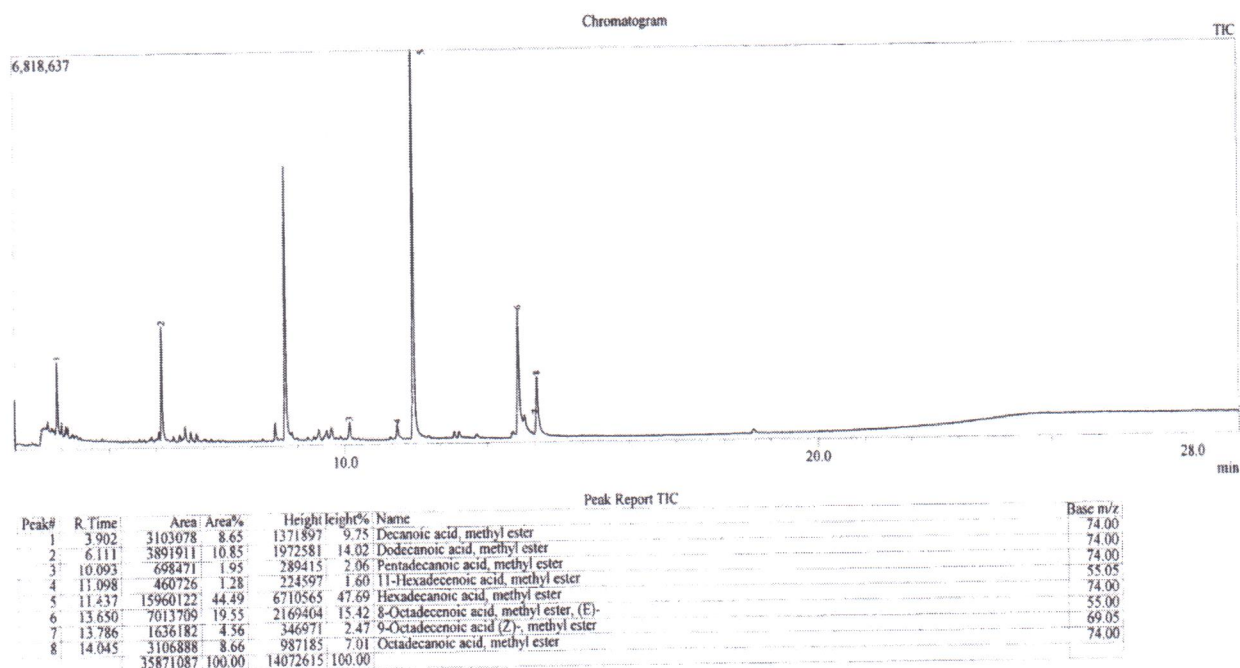


Figure 22 : Chromatogramme de l'échantillon (03) (Berbère)

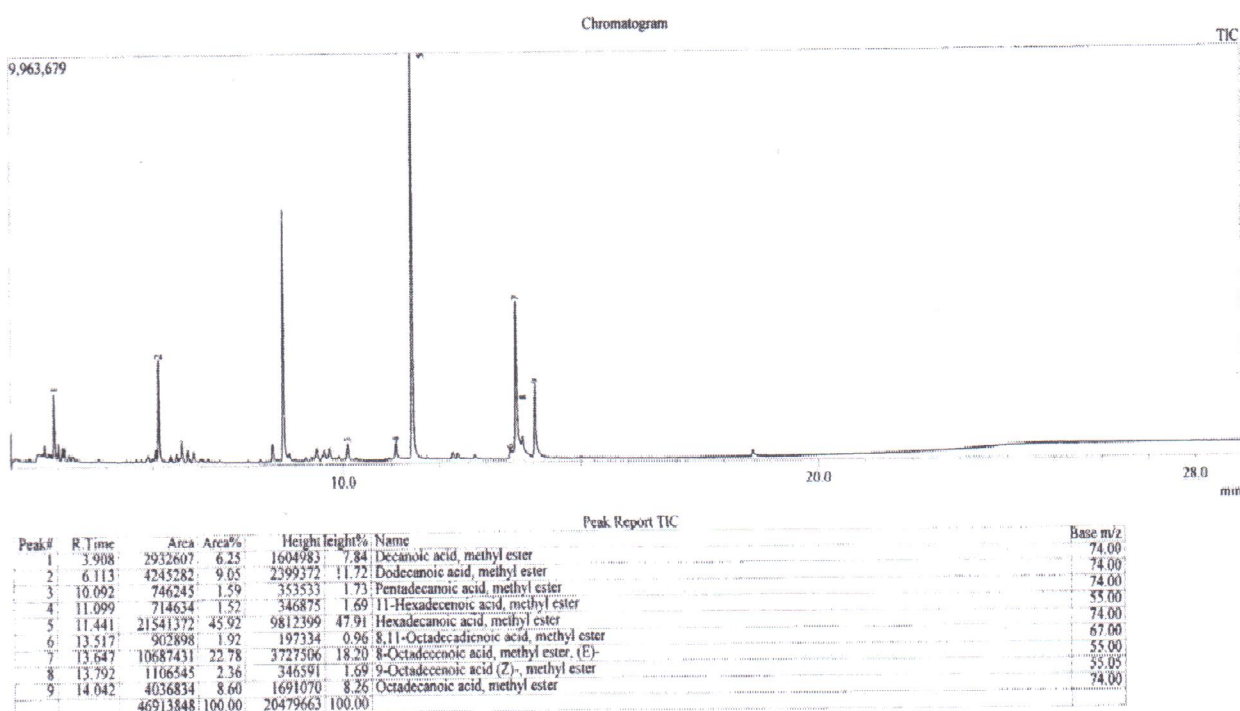


Figure 23 : Chromatogramme de l'échantillon (04) (Ramdy).

Les chromatogrammes relatifs au 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> échantillon « Okid's » et « Blady » ont montré la présence de 6 pics représentant chacun un acide gras (figure 24 et 25).



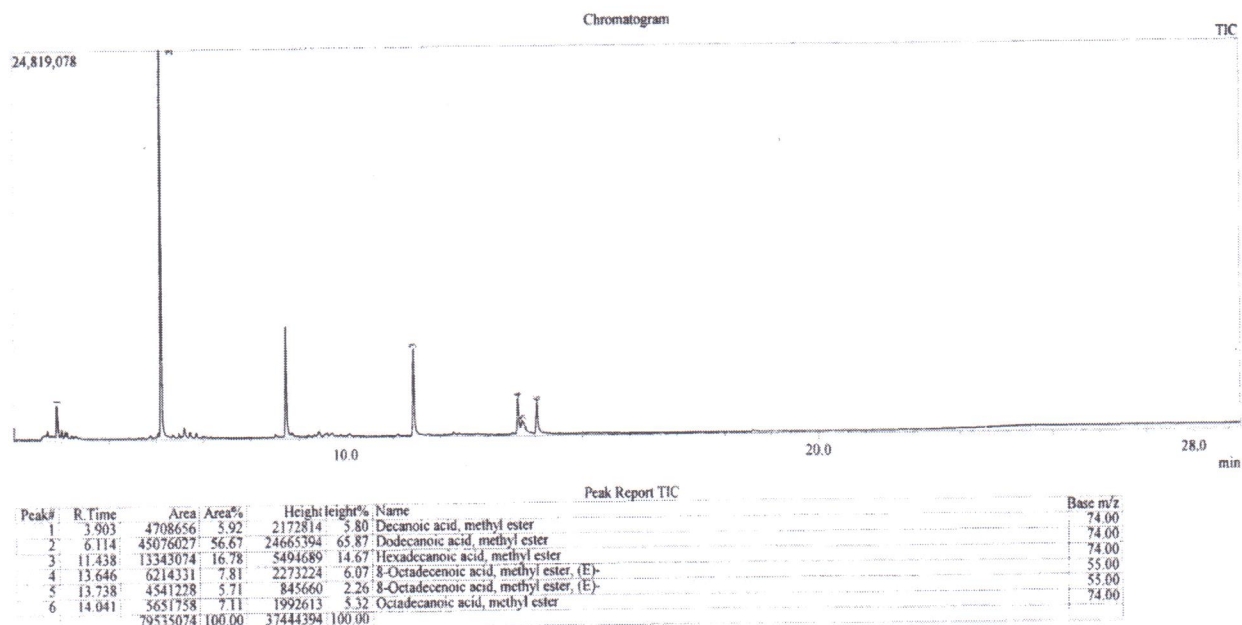


Figure 24 : Chromatogramme de l'échantillon (05) (Okid's)

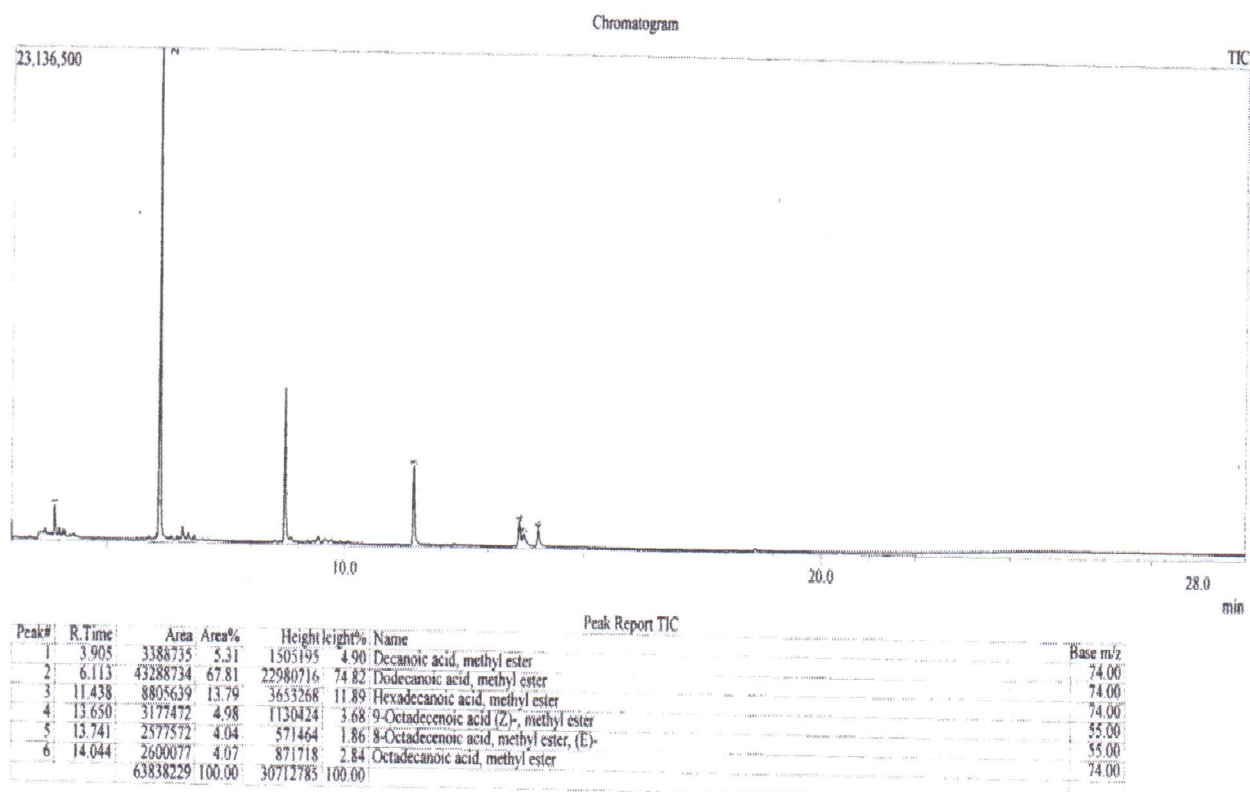


Figure 25 : Chromatogramme de l'échantillon (06) (Blady)

Pour ces deux marques de fromage « Blady », « Okids », les résultats obtenus par GC-MS montrent la présence de quatre acides gras saturés : l'acide décanoïque (C10 :0) « acide caprique », l'acide dodécanoïque (C12 :0) « acide laurique », de l'acide hexadécanoïque (C16 :0) « acide palmitique » et l'acide octadécanoïque (C18 :0) « acide stéarique », pour les acides gras insaturés, l'acide 8-octadécénoïque (C18 :1(8)), l'isomère de l'acide oléique (C18 :1(9)) présentent dans les deux chromatogrammes, mais seulement dans le chromatogramme de l'échantillon (06), l'acide 9-octadécénoïque (C18 :1(9)) « acide oléique » soit présente.

L'analyse spectroscopique de masse par chromatographie phase gazeuse couplée nous a révélé que les échantillons des différentes marques analysés présente trois grands groupes d'acides gras :

- Acides gras saturés : tels que l'acide décanoïque (C10 :0)...etc.
- Acides gras insaturés : tels que l'acide 9-octadécénoïque...etc.
- Acides gras ramifiés : tels que pentadécanoïque-13 méthyl (C16 :0)...etc.

➤ Pour les acides gras saturés ;

L'acide butyrique se retrouve à raison de 2 % des acides gras totaux de la matière grasse du lait de divers mammifères. L'acide caproïque (C6 : 0) se rencontre également dans la graisse du lait (2 %), de même que l'acide caprylique (C8 : 0) (1 %) et l'acide caprique (C10 : 0) (4 %). L'acide laurique (C12 : 0) est l'un des trois acides gras saturés les plus fréquemment rencontrés à l'état naturel avec l'acide palmitique (C16 : 0) et l'acide stéarique (C18 : 0). La matière grasse du lait en contient également, de l'ordre de 4 % des acides gras totaux. L'acide myristique (C14 : 0) constitue 14 % des acides gras de la matière grasse du lait (**Jenkins, 1998**). L'acide palmitique est l'acide gras saturé le plus rencontré ; il est présent dans pratiquement toutes les graisses végétales et animales, y compris au sein du tissu graisseux des animaux marins (minimum 5 %). L'acide stéarique est également largement distribué, tant dans le règne végétal que dans le règne animal (**Sreenivasan, 1968**).

➤ Pour les acides gras mono-insaturés ;

L'acide palmitoléique (C16 : 1(9)) est largement représenté, tout comme l'acide oléique (C18 : 1(9)), mais il est présent en quantités bien moins importantes que ce dernier. L'acide palmitoléique est un constituant de presque toutes les catégories de plantes et d'animaux, des espèces les plus évoluées aux moins évoluées.

La matière grasse du lait en contient généralement 1,5 % (**Jenkins, 1998**). L'acide oléique est l'acide gras le plus distribué de tous ; il se rencontre dans presque toutes les graisses végétales et animales et peut représenter plus de 50 % des acides gras totaux. Des sources importantes d'acide oléique sont l'huile d'olive (65 à 85 %) (**Sonntag, 1979b**), l'huile d'arachide (45 %) (**National Research Council, 2001**) et l'huile de pécan (85 %) (**Sonntag, 1979a**). L'acide trans -vaccénique (C18 : 1(trans 11)) ne se rencontre pas dans les graisses d'origine végétale, mais constituerait entre 5 et 10 % de la graisse de bœuf (**Sonntag, 1979a**).

✓ Pour les acides gras poly-insaturés ;

L'acide linoléique est l'acide gras polyinsaturé le plus distribué et le plus abondant. Il est également un acide gras essentiel. Présent dans les huiles végétales, sa teneur moyenne varie : 40 % dans l'huile de tournesol, 52 % dans l'huile de coton, 51 % dans l'huile de soja, 58 % dans l'huile de maïs, 41 % dans l'huile de sésame (**National Research Council, 2001**).

L'acide linoléique conjugué a pu être produit par l'autooxydation de l'acide linoléique dans des conditions anaérobies qui pourrait être produit pendant l'étape de chauffage. Le lait et les

produits laitiers sont d'importantes sources de lipides dans notre alimentation, où ils contribuent à raison de 14% de l'apport total en lipides. En Europe, la consommation de matière grasse laitière a diminué ces dernières décennies. Cette tendance s'explique par le fait que la matière grasse laitière contient du cholestérol et des graisses saturées, contribuant à augmenter le risque de maladies cardiovasculaires. Cependant, le lait et les produits laitiers sont aussi d'importantes sources d'autres nutriments, tels que les protéines, le calcium et l'acide folique. Par conséquent, réduire la consommation de lait et de produits laitiers comme moyen de réduire l'ingestion de graisses saturées pourrait diminuer l'ingestion de certains de ces autres nutriments importants. Par ailleurs, la matière grasse laitière est la meilleure source d'acides linoléiques conjugués (CLA) dans l'alimentation. Ces acides gras (AG) ont de nombreux effets biologiques marqués et pourraient être potentiellement bénéfiques pour l'Homme (**Dang et al., 2013**).

La présence d'acide vaccénique dans la matière grasse du lait peut améliorer sa valeur nutritionnelle car les tissus humains peuvent partiellement convertir l'acide vaccénique en acide ruménique (C18 : 2(9, trans11)) par la  $\Delta^9$ -désaturase, augmentant ainsi la quantité de CLA disponible pour l'organisme (**Renaville et al., 2006**). Les CLA sont des isomères de l'acide linoléique dans lesquels les doubles liaisons sont séparées par une simple liaison carbone-carbone (au lieu d'un groupement méthyle). Les produits des ruminants, et donc la matière grasse du lait, sont les principales sources de CLA dans l'alimentation humaine. L'isomère principal est l'acide ruménique, qui constitue 75 à 90% des CLA totaux (**Parodi, 2003**). L'acide ruménique aurait de nombreux effets biologiques marqués, des effets anti-athérogène, anti-cancérogène, immuno-stimulant et anti-inflammatoire, et donc pourrait être potentiellement bénéfique pour l'homme (**Renaville et al., 2006**).

Enfin, la GC-MS révèle l'existence de 03 profils différents (figure 26) :

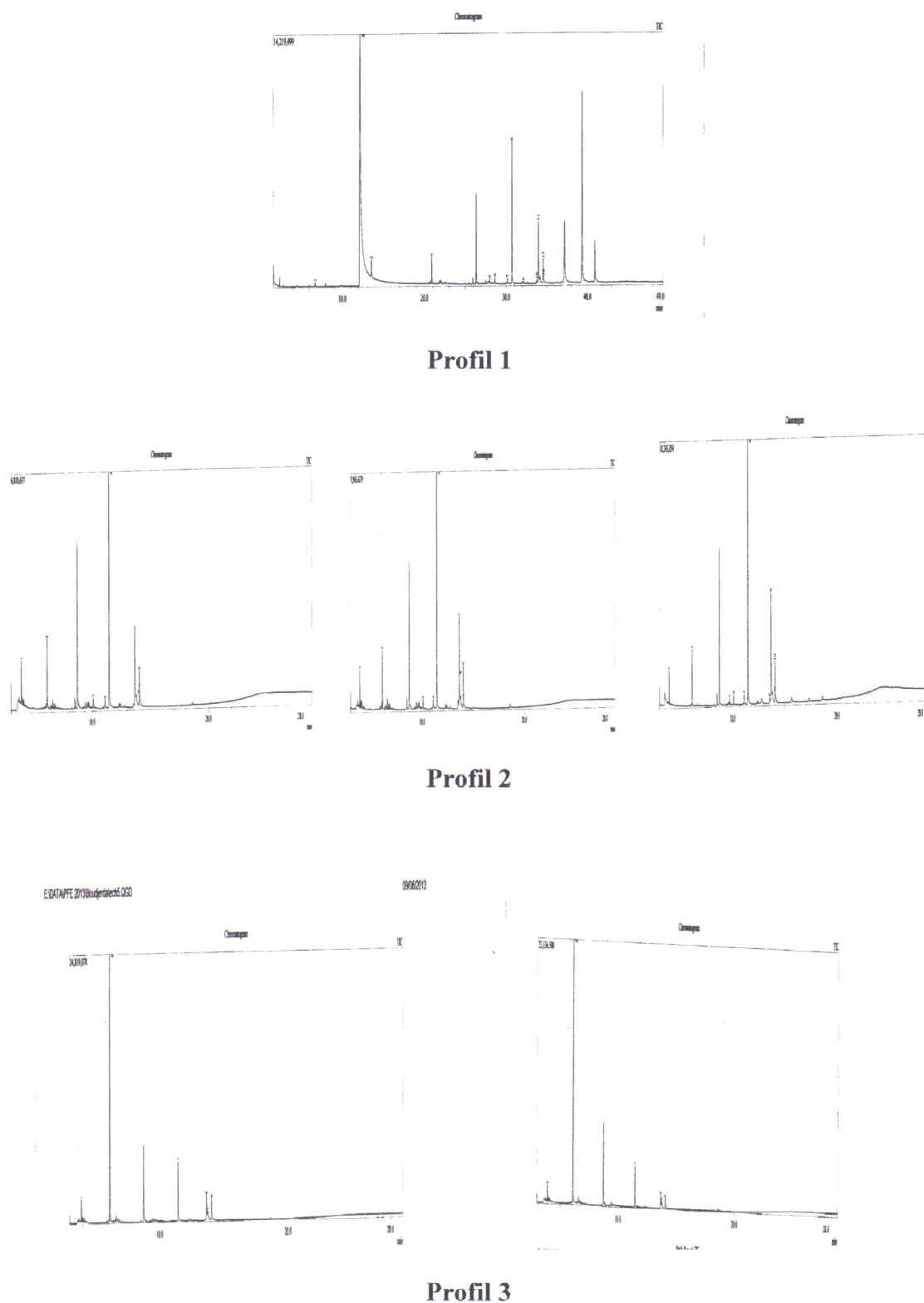
- Le profil 1 pour le type de fromage importé (la vache qui rit) qui montre la présence de 12 pics représentant chacun un acide gras et un seul pic représentant un contaminant chimique et qui est le resorcinol.
- Le profil 2 pour les marques locales (Kimi, Berbère, Ramdy) avec un chromatogramme qui présente 8 pics représentant chacun un acide gras.
- Le profil 3 pour d'autres variétés de marques locales (Okid's, Blady) présentant six pics (figure 26).

produits laitiers sont d'importantes sources de lipides dans notre alimentation, où ils contribuent à raison de 14% de l'apport total en lipides. En Europe, la consommation de matière grasse laitière a diminué ces dernières décennies. Cette tendance s'explique par le fait que la matière grasse laitière contient du cholestérol et des graisses saturées, contribuant à augmenter le risque de maladies cardiovasculaires. Cependant, le lait et les produits laitiers sont aussi d'importantes sources d'autres nutriments, tels que les protéines, le calcium et l'acide folique. Par conséquent, réduire la consommation de lait et de produits laitiers comme moyen de réduire l'ingestion de graisses saturées pourrait diminuer l'ingestion de certains de ces autres nutriments importants. Par ailleurs, la matière grasse laitière est la meilleure source d'acides linoléiques conjugués (CLA) dans l'alimentation. Ces acides gras (AG) ont de nombreux effets biologiques marqués et pourraient être potentiellement bénéfiques pour l'Homme (**Dang et al., 2013**).

La présence d'acide vaccénique dans la matière grasse du lait peut améliorer sa valeur nutritionnelle car les tissus humains peuvent partiellement convertir l'acide vaccénique en acide ruménique (C18 : 2(9, trans11)) par la  $\Delta^9$ -désaturase, augmentant ainsi la quantité de CLA disponible pour l'organisme (**Renaville et al., 2006**). Les CLA sont des isomères de l'acide linoléique dans lesquels les doubles liaisons sont séparées par une simple liaison carbone-carbone (au lieu d'un groupement méthyle). Les produits des ruminants, et donc la matière grasse du lait, sont les principales sources de CLA dans l'alimentation humaine. L'isomère principal est l'acide ruménique, qui constitue 75 à 90% des CLA totaux (**Parodi, 2003**). L'acide ruménique aurait de nombreux effets biologiques marqués, des effets anti-athérogène, anti-cancérogène, immuno-stimulant et anti-inflammatoire, et donc pourrait être potentiellement bénéfique pour l'homme (**Renaville et al., 2006**).

Enfin, la GC-MS révèle l'existence de 03 profils différents (figure 26) :

- Le profil 1 pour le type de fromage importé (la vache qui rit) qui montre la présence de 12 pics représentant chacun un acide gras et u seul pics représentant un contaminant chimique et qui est le resorcinol.
- Le profil 2 pour les marques locales (Kimi, Berbère, Ramdy) avec un chromatogramme qui présente 8 pics représentant chacun un acide gras.
- Le profil 3 pour d'autres variétés de marques locales (Okid's, Blady) présentant six pics (figure 26).



**Figure 26 :** Les trois profils différents des acides gras issus en GC-MS.

Ces résultats nous ramènent à conclure que les recettes de la préparation des différents fromages fondus retrouvées sur le marché local sont probablement différentes et les produits de base comme la matière grasse et le fromage de type cheddar utilisés ne sont pas standardisés ou ne répondent pas à un même cahier de charge. Ces révélations sont loin d'être définitives et d'autres travaux plus approfondis sont à programmer pour déterminer avec exactitude les types et les degrés de variation d'une marque à une autre.

## II.4. Discussion générale

Le fromage fondu compte parmi les aliments les plus consommés au sein de la famille algérienne et particulièrement par les jeunes enfants, cette habitude culinaire est pratiquement dicté d'une part, par l'absence d'une industrie fromagère diversifiées et d'autre part par les prix exagéré des différents types de fromage importé (**Chemache, 2011**). Afin de répondre à des questionnements relatives à la qualité des différentes marques de fromage fondu retrouvées sur la marcher de Jijel, des analyses microbiologiques, des analyse physicochimique et une autre plus poussée par chromatographie en phase gazeuse ont été effectuées.

Les résultats retrouvés révèlent que sur le plan microbiologique, les normes microbiologiques ont été respectées. En revanche, certaines marque comme, «Blady» « Présidente », « Shunky » ont montré la présence relativement élevée des flores dénombrées comme la flore totale mésophiles, et les levures et moisissures et même parfois les coliformes totaux. La présence en soit de ces flores en nombre adéquat ne constitue pas un problème ni de santé ni de commercialisation des fromages fondus, mais les conditions de vente et de stockages et de commercialisation en Algérie sont généralement effectuées sans contrôle adéquat et sans culture d'hygiène chez les intervenants de la chaîne de distribution et de commercialisation (**Aggad et al., 2009**). Ces variations nous laissent penser que ces flores pourraient se multiplier et augmenter en nombre et par conséquence devenir une menace éminent sur la santé du consommateur et particulièrement celle des enfants et des personnes dont l'immunité est fragile (**Baraheem et al., 2007**).

Sur le plan physicochimique, les valeurs du dosage de la matière grasse et de la matière azotée dans les différents échantillons analysés sont en général inférieures aux normes internationales. En effet, pour le taux de matière grasse les valeurs retrouvées sont inférieurs au taux moyen du travail de **Fredot, 2009** qui montre des valeurs aux minimums de 40%. De même, pour la teneur en matière azotées et qui est de l'ordre de 2% pour les marques locales et de 5% pour les marques étrangère comme « La vache qui rit », alors que les valeurs retrouvées par les travaux de **Mounsey et O'riordan., 2008** sont beaucoup plus élevées avec un taux de protéines de 16,90 % à 20,50 % en absence d'amidon dans la formule. Ces résultats mêmes préliminaires ne qualifient pas ces marques de fromages à être distribuées et commercialisées de plus ces résultats doivent être pris en considération pour la programmation d'un travail de grande envergure pour déterminer avec précision à la qualité de ces produits.

Sur le plan qualité et identifications des nutriments présents dans les différentes échantillons de marques de fromage fondus analysées, les chromatogrammes de la GC-MS révèlent des résultats beaucoup plus intéressantes, en effet, 3 profiles de chromatogrammes différents on été retrouvé : Le profil N°1, l'échantillon représentant la marque « La vache qui rit », son chromatogramme montre la présence de 11 acides gras avec 7 acides gras saturés et 4 acides gras insaturés. Les acides gras saturés sont : l'acide caprylique C8 :0, l'acide caprique C10 :0, l'acide laurique C12 :0, l'acide margarique C15 :0, l'acide stéarique C18 :0, l'acide palmitique C16 :0 et l'acide arachidique C20 :0, et des acides gras insaturés tels que l'acide palmitoleique C16 :1(9), l'acide oléique C18 : 1(9) et un isomère de l'acide linoléique C18 :2(8,11) ; et seulement un acide gras ramifié : l'acide pentadécanoïque-13 méthyl (C16 :0). Le 2<sup>ème</sup> profile pour les échantillons (02),(03),et (04) représentants les marques « Kimi », « Berbère », « Ramdy » et qui révèle la présence de 10 acides gras, avec 6 acides gras saturés et 4 acides gras insaturés. Les acides gras saturées sont représentés par : l'acides caprique C10 :0, l'acides laurique C12 :0, l'acides margarique C15 :0, l'acide palmitique C16 :0 et l'acide stéarique C18 :0. et les acides gras insaturés sont représentés par l'acide palmitoléique, un isomère de l'acide linoléique C18 :2(8,11), l'acide oléique C18 :1(9) et l'acide trans-vaccénique C18 :1(trans-11) et un acide gras ramifié tétradécamoïque-12métyle C15 :0 seulement dans l'échantillon (2) représentant la marque « Kimi ». Le 3<sup>ème</sup> profil, pour l'échantillon 5 et 6 et qui

représentent les marques « Okid's », « Blady » et qui montre la présence de 6 acides gras avec 4 acides gras saturés comme l'acide caprique C10 :0, l'acide laurique C12 :0, l'acide stéarique C18 :0 et l'acide palmitique C16 :0, et 2 acides gras insaturés comme l'isomère de l'acide oléique C18 : 1(9), mais aussi la présence de l'acide oléique C18 : 1(9) pour l'échantillon 6.

La différenciation de ces profils nous permet de dire : Pour les acides gras saturés : l'acide caprylique et l'acide arachidique sont présentés seulement pour le profil 1, l'acide margarique soit présente seulement pour les profils 1 et 2. Pour les acides gras insaturés : l'acide palmitoléique et l'isomère de l'acide linoléique est qui est acide gras essentiel de la famille des Omega 3(Dang et al., 2013). , ces deux acides gras sont présentés seulement dans les profils 1 et 2, ainsi que la présence d'un isomère de l'acide oléique pour le profil 3. Enfin, le profil 3 ne contient pas des acides gras ramifiés par contre les profils 1 et 2 contiennent deux acides gras ramifiés différents ni de l'acide linoléique.

Ce travail présente des résultats intéressants et ouvre des perspectives intéressantes comme la recherche de l'origine de contamination microbienne et leur évolution dans le temps, l'origine de la pauvreté en matière azotés de certaines marque de fromage fondus et surtout cette variation de la composition en nutriments si on prend en comptes la vérité de la réalité et que l'ensemble des matières premières sont importées de différents pays du monde. Il faut noter que ces résultats doivent être répétitifs validés pour se prononcer sur la qualité des différentes marques de fromages fondus et surtout proposer des solutions concrètes pour remédier à ces variation non justifiées de leur composition.

## Conclusion

L'étude que nous avons menée sur les huit marques de fromage fondu « Vache qui rit, Kimi, Ramdy, Berbère, Okid's, Blady, Président et Shunky », nous a permis d'évaluation de qualité physicochimique, microbiologique et d'analyse qualitative de la composition en acide gras par la méthode de chromatographie en phase gazeuse.

Du point de vue microbiologique, les fromages fondus analysés présentent une charge microbienne variable selon les flores comme la flore totale mésophile, les coliformes totaux particulièrement dans les fromages de marque « Ramdy », « Blady », « Président » et « Shunky » mais leur nombre reste dans les normes. Cependant nous avons noté la présence alarmante ( $0,6.10^2$  UFC/g) de coliformes thermo tolérant dans un seul type de fromage de marque « Shunky » avec une absence totale de germes pathogènes pour l'ensemble des ces échantillons analysés

Les résultats de la présente étude ont montré que la qualité physicochimique de fromage fondu analysé est acceptable pour certains paramètres physiques et chimiques et qui sont le taux d'humidité, la matière sèche, la matière organique, la matière minérale et l'acidité titrable, en revanche, nous avons noté une déficience exagérée en matière azoté et en matière grasse par rapport aux normes appliquées ce qui affecte profondément la qualité nutritionnelle de ces produits.

L'analyse qualitative de la composition en acide gras par GC-MS montre d'un part, une richesse et abondance de marques de fromage analysé en acides gras saturés surtout pour la variété de « vache qui rit », la présence des acides gras insaturés de forme « cis » et « trans », ainsi que certains acides gras ramifiés et d'autre part résultats de GC-MS apparaissent la présence de trois profils différents qui peut être due à la différence dans la matière première importé et utilisé pour la production des différentes marques de fromages fondus fabriqués en algérie. Ces résultats nous amènes par la voie de la logique à conclure que des efforts de la part de l'état algérienne et particulièrement de la part du ministère du commerce à élaborer des lois réagissant la qualité de la matière première et recette de fabrication pour un même type de produit à fin de retrouver un produit fini standardisé du point de vue qualitative et quantitative.

Il faut rappeler aussi que ces résultats sont préliminaires et d'autres travaux sont à programmer pour comprendre la variation de la composition de ces produits et proposer des solutions adéquates pour palier à ces éventuelles défaillances.



## Références bibliographiques

### A

**Aboutayeb R.A., (2011).**Technologie du lait et dérivés laitiers.*Azaquar*.p2-3.

**AFNOR.,( 1999).** Lait et produits laitiers. Tome1, p159.

**AFNOR., (1999).** Lait et produits laitiers. Tome 2,p147.

**Aggad H, Mahouz, Ahmed Amma Y, Kihal M.,(2009).**Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Revue Méd. Vét.*,160, 12, 590-595

**Aissaoui O.,(2004).**Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel Algérien Bouheza. Thèse de magistère. Université de Mentouri, Algerie.

**Akers R-M., (2002).** Lactation and the mammary gland. Iowa Sate Press, Ames Iowa, p 278.

**Alais C., (1984).** La micelle de caséine et la coagulation du lait. In *Science du lait : Principes des techniques laitières*. 4<sup>ème</sup> ed (Ed) :Sepaic, Paris. p723-764.

**Alais C, Linden G, Milko L.,(2008).**Abrégé de biochimie alimentaire.6<sup>ème</sup> ed.(Ed) :Dunod.Paris,p189.

**Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P, Simpson R, Turgeon H.,(2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive , qualité technologique et techniques d'analyse du lait In Carole L .Vignola (Ed) *.Science et technologie du lait. Transformation du lait.* Canada : La fondation de technologie laitier du Québec,p1-2-3.

**Apfelbaum M, Romon M,Dubus M.,(2004)** .Déictique en nutrition *.Masson*, p314.

**Arbault P , Daussant J .,(2005).**Méthodes d'analyses immuno-chimiques pour le

contrôle de qualité dans les IAA. (Ed) : *Tec et Doc*.Paris.p253 .

**Arthur R. Hill ,Prashanti Kethireddipalli.,(2011).** Dairy Products: Cheese and Yogurt. Department of Food Science, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.p 337-339.

### B

**Bachelard-cascaleS. E., (2010).**L'enzyme CD10 : un acteur clé dans l'identification et la régulation des cellules souches mammaires humaines. Thèse de doctorat. l'université Claude Bernard Lyon 1.

**Bachmann H-P., (2000).** Cheese analogues. *Int. Dairy Journal*,1.505–515.

**Baraheem O. H, El-Shamy. A , Bakr. W. M , Gomaa N F.,(2007).** Bacteriological Quality of Some Dairy Products (Kariesh Cheese and Ice Cream) in Alexandria. 82 No. 5- 6.

**Beereus , Luquet, (1987).** Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et des produits laitiers. *Tec et Doc*, p38.

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

**Berger W, Klostermeyer H, Merkenich K, Uhlmann G., (1993).** Processed cheese manufacture. Ladenburg : BK Ladenburg GmbH.

**Berger T, Butkofer U, Rech C-H, Eckhart J, Dubach A, Stalder M, Luczinski K, Schmidr, Stalder U., (2004).**Manuel Suisse des denrées alimentaires. Le lait, p118.

**Blond G, Haury E, Lorient D., (1988).** Interactions lipides-protéines dans le fromage fondu en pétrin et en cuisier-extruder. Influence des conditions de fabrication. *Sci. Alim*,8. 325–340.

**Boularak Ammar.,(2005).** Guide des déterminations analytiques des laits et produits laitiers. Direction Générale Du

Contrôle Economique Et de La Répression  
Des Fraudes.p10-13

**Bourgeois C-M ,Leveau J.Y., (1991).**  
Technique d'analyse et de contrôle dans les  
IAA : le contrôle microbiologique. *Tec et  
Doc. Lavoisier*.p139-200.

**Bourgeois C-M, Mexle J.F, Zucca J.,  
(1996).** Microbiologie alimentaire : aspect  
microbiologique de la sécurité et de la  
qualité des aliments. *Tec et Doc.* p65, 68.

**Boutonnier J-Luc., (2000).** Fabrication du  
fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur,  
traité Agroalimentaire,F6310.p2-13.

**Boutonnier J-L., (2002).** Fabrication du  
fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur,  
traité Agroalimentaire, F 6 310.p1-14.

**Bowland E-L, Foegeding E-A., (2001).**  
Small strain oscillatory shear and  
microstructural analyses of a model  
processed cheese. *Journal of Dairy  
Science*,84.2372–2380.

**Broqua C, Bossis N, Cherbonnier J ,  
Poupin B ,Fouilland C, Jenot F , Lauret A  
, Letourneau P., (1998).** La mamelle :  
anatomie et sécrétion du lait. L'Eleveur de  
Chèvres- 4.

**Brûle G, Lenoir J., (1987).** La coagulation  
du lait. In : le fromage. *Tec et Doc.  
Lavoisier*,p2.

**Bugnicouri M., (1995).** Dictionnaire de  
microbiologie générale : la vie racontée par  
les bacteries. *Ellipses*. Paris, p308.

**Bunka F, Stetina J, Hrabe J., (2008).** The  
effect of storage temperature and time on the  
consistency and color of sterilized processed  
cheese. *European Food Research of  
Technology*,228.223–229.

## C

**Carbunelle B, Denis .,(1987).**Bactériologie  
médicale :Technique nouvelle.  
(Ed) :*SILEPSA* ,Paris.p237.

**Carić M, Kaláb M., (1993).** Processed  
cheese products. In: FOX P.F. Cheese :  
Chemistry, Physics and Microbiology, . ,  
Major Cheese Groups, 2nd ed, (Ed):  
*Chapman & Hall*, London. p467–505.

**Catsaras M.V., (1991).** Les streptocoques  
fécaux. In : techniques d'analyses et de  
contrôle dans les industries agro-  
alimentaires. 2<sup>ème</sup> édition. *Tec et Doc.* p252,  
253.

**Catteau M.,(1996).**Microbiologie  
alimentaire :Aspect microbiologique de la  
sécurité et de la qualité alimentaire .*Tech et  
Doc.* p90.

**Cavalier-Salou C, Cheftel J.C., (1991).**  
Emulsifying salts influence on  
characteristics of cheese analogs from  
calcium caseinate. *Journal of Food Science*,  
56.1542–1551.

**C. E.L. C (CENTRE  
D'ENSEIGNEMENT LAITIER PAR  
CORRESPONDANCE), (2000)** - Qu'est  
ce que le lait ? Ecole Nationale d'Industrie  
Laitière et des Industries Agro-Alimentaires.  
Surgères: 99-,p61.

**Chambre ,Daurelles.,(1997).** Le fromage  
fondu. In: Eck A, Gillis. *Le fromage.* (Ed) :  
*Tec et Doc*,p 691-708.

**Charron G.,(1984).**Conduite technique et  
économique du troupeau. Vol 2.(Ed) : *Tec et  
Doc* .Paris ,p114.

**Charron G.,(1986).**La production  
laitier.Vol 1.(Ed) :*Lavoisier* .Paris  
,p118.

**Chemache L.,(2011).** Qualité de deux  
spécialités fromagères fabriquées et  
commercialisées en Algérie. Thèse de  
Magister. Université Mentouri  
Constantine.Algerie.

**Chevalier F, Chobert J.M, Genot C,Haertlé  
T., (2001).** Scavenging of free  
radicals, antimicrobial, and cytotoxic  
activities of the Maillard reaction  
products of beta-lactoglobulin  
glycated with several sugars. *Journal*

**Chosy C, Desmazeaud M, Gripon J-C, Lambert G, Lenoir J., (1997).** La biochimie de l'affinage. In : *le fromage. Tec et Doc. Lavoisier*, p8.

**Claude Michel , Pouliot M, Richard J., (2002).**Lait de consommation In : Vignola C- L . (Ed) *.Science et Technologie du lait.* Canada : La fondation de technologie laitier du Québec inc.p283-284.

**Collins Y, McSweeney P, Wilkinson M., (2004).** Lipolysis and catabolism of fatty acids in cheese. In: Fox, P.F., McSweeney, Cogan, T.M., Guinee, T.P. (Eds.). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology.* Vol. 1, General Aspects, (3rd ed.), Elsevier, Amsterdam. 373,389.

**Commission codex alimentarius., (2004).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers. Sixième Session, Auckland Nouvelle-Zélande. Avant-projet de norme pour le fromage fondu observations à l'étape 3.3 .

**Corine F., (1989).** Fromages fondus. Revue process. N°1049, 30-39.

**Cuvelier, Cabaraux J-F, Dufrasne I, Hornick J-L, Istasse L., (2004).** Acides gras: nomenclature et sources alimentaires. *Ann. Méd.*, 148.133-140

## D

**Dang Van Q.C, Focant M, Froidmont. E., Larondelle Y., (2013).** Influence de la structure de la ration et de la supplémentation lipidique sur la qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait, *Carrefour Productions Animales.* 98-104.

**Dauvillier A., (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. *Tec et Doc*, Paris. p59 .

**Debuyser M., (1991).** Les staphylocoques Coagulase positifs. In : **Bourgeois C.M., Leveau J.Y.** *Techniques d'analyses et de*

**Deeth H , Fitz-Gerald C., (2006).** Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity. In: Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry.* Vol. 2, Lipids, (3rd ed.). Springer, New York, p 481-556

**Delarras C., (2007).** Microbiologique pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. *Tec et Do*, Paris.p371.

**Devillers N, Ledividich J, Prunier A., (2006).** Physiologie de la production de colostrum chez la truie. *INRA Prod. Anim.*, 19 (1), 29-32.

**Devuchelle G., (1996).** Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers. Université de Rouen Mout Saunt-Aignon, 15, 19.

**DFI (Département Fédéral de l'Intérieur)., (2009).** Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale.48.

**Dimitreli G, Thomareis A, Smith P., (2005).** Effect of emulsifying salts on casein peptization and apparent viscosity of processed cheese. *International Journal of Food Engineering*, 1.1-17.

**Ducastelle A, Lenoir J., (1965).** Contribution à l'étude de la flore microbienne du fromage de type Saint-paulin et son évolution au cours de la maturation. *Revue. Le lait.* 215.

## E

**Eck A., (1987).** Le fromage .2<sup>ème</sup> édition .*Tec et Don*, Paris. 510.

**Eck A, Gillis J. C., (1997).** Le fromage .*Tec et Doc* , Paris. 493.

**Eckner K, Dustman W, Rys-Rodriguez A., (1994).** Contribution of composition, physicochemical characteristics and polyphosphates to the microbial safety of pasteurized cheese spreads. *Journal of Food Protein*, 57.295-300.

**Ennis M.P, Mulvihill D.M., (1999).**

Compositional characteristics of rennet caseins and hydration characteristics of the caseins in a model system as indicators of performance in Mozzarella cheese analogue manufacture. *Food Hydrocolloids*,13.325-337.

**Étienne K-M., (1992).** Dénaturation thermique et gélification des protéines de lactosérum en solution modèle et dans un aliment complexe, le fromage fondu à tartiner : effets du NaCl, du lactose et du glycérol. Thèse de doctorat, Université Laval .*Québec*, p138 .

## F

**Fantasia L.D, Mestrandre L, Schrader J ,Jager J., (1975).** Detection and growth of enteropathogenic *Escherichia coli* in soft ripened cheese. *Appl. Micr*,29.179-185.

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

**Fox P.F, Mcsweeney P.L.H, (1998).** Dairy Chemistry and Biochemistry. (Ed):*Thomson Science*, Germany.396 .

**Fox P.F, Guinee T.P, Cogan T.M, Mcsweeney P.,( 2000).** Fundamentals of cheese science.(Ed): *Aspen Publishers Inc*,Maryland. p429–451.

**Fredot Emilie.,(2009).**Connaissance des aliments. 2<sup>ème</sup> édition.(Ed) : *Tec et Doc*.Paris. p 25-70.

## G

**Gliguem H, Ghorbel D, Grabielle-Madlmont C, Goldschmidt B, Lesieur S, Attia H, Ollivon M, Lesieur P., (2009).** Water behaviour in processed cheese spreads DSC and ESEM study. *Journal Therm Anal Calorim*,98.73–82.

**Guinee T, Feeney E, Auty M, Fox P., (2002).** Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*,85.1655–1669.

**Guinee T.P, Carić M, Kaláb M., (2004).** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In: Fox P.F., Mcsweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P. *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. Major Cheese Groups vol 2, 3<sup>rd</sup> ed. *Elsevier Applied Science*, London, 349-394.

**Guiraud J.P., (1998).** Microbiologie alimentaire. (Ed) : *Dunod,Paris*. p325.

**Guiraud J.P., (2002).**Microbiologie alimentaire.*Tec et Doc* .p136-137

**Guiraud J.P., (2003).** Microbiologie alimentaire.(Ed) : *Dunod*, p96, 98, 101, 136, 139, 282, 397, 417.

**Guiraud J.P, Rosec J.P.,( 2004).**Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Ed : *A.F.N.O.R. Codex*, p96-229.

**Gupta S.K, Karahadian C, Lindsay R.C., (1984).** Effect of emulsifier salts on textural and flavour properties of processed cheeses. *Journal Dairy Science*, 6.764–778.

## H

**Hainque B.,Lefebvre Ph.,(2008).** Appariel et méthode en biochimie et biologie moléculaire, *Dunod* .Paris.p124-128.

**Hennelly P.J., Dunne P.G, O'sullivan M,O'riordan D., (2005).** Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *Eur Food Res Technol*, 220.415–420.

**Hermier J, Lenoir J, Weber F., (1992).** Les groupes microbiens d'intérêt laitier. (Ed): *CEPIL*, Paris.

## I

**Iverson J.L, Eisner J, Firestone D.,( 1965).** Detection of trace fatty acids in fats and oils by urea fractionation and gas-liquid chromatography. *Journal Am. Oil Chem. Soc*,42.1063-1068.

## J

**Jeantet R, Crogenec T, Schuk P, Brûlé G., (2007).** Sciences des aliments : Tome 2. Technologie des produits alimentaires. (Ed) : *Tec et Doc*. Paris, p 40- 54.

**Jeantet R, Crogenec T, Schuk P, Brûlé G., (2008).** Les produits laitiers. 2<sup>ème</sup> édition. Paris, p1-2.

**Jeantet R, Croguennec T, Schuck P, Brulé G., (2008).** Science des aliments. *Tec et Doc*. Paris p19 -25.

**Jenkins T.C., (1998)** . Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. *Journal Dairy Science*, 81.794-800.

**Joha., (1989).** La fabrication du fromage fondu. *BK Lanen bury*. Allemagne, p147, 150, 151.

**Joffin C, Joffin J.N., (1999).** Microbiologie alimentaire. Academie de bourdeaux, p109, 122, 124, 139, 143, 153.

**JORF (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE), (2007).** Décret . 2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et fromages fondus, p10 .

## K

**Kim S, Park P, Rhee K., (1992).** Textural properties of cheese analogs containing proteolytic enzymemodified soy protein isolates. *Journal Am. Oil Chem. Soc.*, 69.755-759.

**Kiziloz M.B, Cumhur O, Kilic M., (2009).** Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*, 23.1596-1601.

**Klostermeyer., (1989).** Fabrication du fromage fondu. p 37, 39.

**Korhonen H , Pihlanto A., (2006).** Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal* , 16.945-960.

## L

**Lambert J.C., (1988).** La transformation laitière au niveau villageois. Etude FAO production et santé animale № 69, 56.

**Lamontagne M , Claude P, Reitz-Ausseau, Moineau S, Gardner N, Lamoureux M , Jean J , Fliss I., (2002).** Microbiologie du lait. In Vignola C- L . (Ed) . *Science et technologie du lait*. Canada : *La fondation de technologie laitier du Québec inc.* p89-90.

**Lamure A, Pommert J.F, Klaebe A, Lacabanne C, Perie J-J., (1988).** Effect of polyphosphate binding on the chain dynamic of caseins, investigation by differential scanning calorimetry and thermally stimulated currents. *Journal of Dairy Research*, p401-412.

**Larpent J.P., ( 1996).** Lait et produits laitiers non fermentés. In : Bourgeois C, Mesclé J, Zucca J. *Microbiologie alimentaire*. 2<sup>e</sup> éd. : *Tec et Doc*. Paris. p 271-293.

**Larpent, (1997).** Microbiologie alimentaire: Techniques de laboratoire (Ed) : *Tec et Doc*. p117-120.

**Lecoq R., (1965).** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertise usuelle. (Ed) : *Doin*, , p1304-1311.

**Lee B, Paquet D, Alais C., (1979).** Etude biochimique de la fonte des fromages. Mesure de la peptisation. Université de Nancy, France, p589-596.

**Lee B.O, Paquet D, Alais C., (1986).** Etude biochimique de la fonte des fromages. Effet du type de sels de fonte et de la nature de la matière protéique sur la peptisation. Utilisation d'un système modèle. *Le Lait*, 66. 257-267.

**Lelievre L ., (2012).** Suivi de troupeau vétérinaire et transformation a la ferme : une opportunité supplémentaire. Thèse de doctorat n°49. Présentée à l'université CLAUDE-BERNARD - LYON I.

**Lévesque P., (2007).** La traite des vaches laitières .Etape par étape vers la qualité. Institut de technologie agroalimentaire campus de la Pocatière .Québec. Canada. p 32.

**Loessner M.J, Maier S.K, Schiwiek P, Scherer S., (1997).** Long-chain polyphosphates inhibit growth of *Clostridium tyrobutyricum* in processed cheese spreads. *Journal Food Prot*,60. 493–498.

**Lucey J.A, Johnson M.E, Horne D.S,( 2003).** Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*,86. 2725-2743.

**Luquet F.M, (1990).** Lait et produits laitiers; vache, brebis, chèvre. Tome 3 (Ed) :*Tec et Doc*.p 253.

## M

**Mahaut M, Jeantet R,Schunck P,Brûle G.,(2002).** Les produits industriels laitiers.Ed *Tec et Doc*.2.

**Marchesseau S, Gastaladi E, Lagaude A, Cuq J.L., (1997).** Influence of pH on protein interaction and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*,80. 1483-1489.

**Marshall R.J., (1990).** Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues. *Journal of Science and Food Agriculture*,50. 237–252.

**Marnet P-G.,( 1998).** Physiologie de l'éjection du lait et importance pour la lactation. Equipe Associée INRA/ENSAR de Recherches sur la Traite , 35042RENNES Cedex

**Mathieu J.P., (1998).** Technologie comparée de l'affinage des différents types de fromage. In : Le fromage. *Tec et Doc. L*, p458.

**McSweeney P, Fox P., (1998).** Dairy Chemistry and Biochemistry. Ed. *Thomson Science*, Germany, p396 .

**McSweeney, Marino A,Considine T,Sevi A, Kelly P.,(2004).** Contribution of proteolytic activity associated with somatic cells in milk to cheese ripening. *International Dairy Journal*. 1026–1033.

**Meisel H., (1998).** Overview on milk protein-derived peptides. *Int. Dairy Journal*, 8. 363-375

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

**Mouffok N , Benhadja L , Ferhat Z ,Bousbia N .,(2013).** Identification et analyse des dangers d'un processus de fromage fondu selon l'ISO 22 000. *QUALITA*, Compiègne : France. hal-00823126, version 1

**Mounsey J.S, O'riordan E.D., (1999).** Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of Food Science*,64.701–703.

**Mounsey J.S, O'riordan E.D.,( 2008).** Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Food Research Technology*,226.1039–1046.

**M'sadak Y , Mighri L , Ben Omrane H , Kraiem K.,(2012).** Evaluation des chantiers et des équipements de traite chez des élevages bovins laitiers hors sol dans la région de Monastir (Tunisie). *Revue «Nature & Technologie »*. p 96 - 101.

## N

**Nagaoka S, Futamura Y, Miwa K, Awano T, Yamauchi K, Kanamaru Y, Tadashi K, Kuwata T., (2001).** Identification of novel hypocholesterolemic peptides derived from bovine milk beta-lactoglobulin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 281(1), 11

**Noronha N, O'riordan E.D, O'sullivan M, (2008).** Influence of processing parameters on the texture and microstructure of

imitation cheese. *European Food Research of Technology*, 226.385–393.

## O

**Ollivier-Bousquet M.,(1993).** Les hormones du lait: provenance et rôles. Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire 78352 Jouy-en-Josas Cedex ,253-263

**Ortega-Fleitas O, Real-Del-Sol E, Cabrera M.C, Oretga A, Suarezsolis V, Cardoso F, Iniguez C.,( 2001).** Manufacture of a cheese substitute for pizzas. *Alimentaria*,322. 87–89.

## P

**Pan y,Rowney M. Guo p, Hobman p.,(2007).** Biological properties of lactoferrin : an overview. *Dairy Industry Association of Australia*, Melbourne, AUSTRALIE ,62. 31-42.

**Pandeya P.K, Ramaswamy H.S, Gelaisb D .,(2003).** Evaluation of pH change kinetics during various stages of Cheddar cheese-making from raw, pasteurized, micro-filtered and high-pressure-treated milk. *International Dairy Journal*, 12. 435–446

**Parodi P.W.,( 2003).** Conjugated linoleic acid in food. In : *Advances in conjugated linoleic acid research*, volume 2. Sébédio J.L., Christie W.W. and Adlof R. (Ed.), *AOCS Press*, Champaign.p 101-122.

**Patart J.P., (1987).** Les fromages fondus. In : ECK A. *Le fromage*. (Ed):*Lavoisier*. p385-398.

**Petrancsiene D, Lapie L, Vauchelle G., (1989).** La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : analyses et tests. *Tec et Doc*. p66, 70, 73.

**Pettersen M. K, Eie T, Nilsso A.,(2005).** Oxidative stability of cream cheese stored in thermoformed trays as affected by packaging material, drawing depth and light.*Dairy Journal* ,15. 355–362.

## R

**Ramet J.P.,(1985).**La fromagerie et les variétés du fromage du bassin méditerranéen. FAO, 117.

**Ramet J.P , Scher J., (1997).** Propriétés physiques du coagulum. IN : *le fromage. Tec et Doc. Lavoisier*, p 42.

**Règlement européen (CE),.( 2004) .**Paquet Hygiène, Réglementation concernant le refroidissement du lait après la traite. n°853.

**Renaville B, Mullen A, Moloney F, Larondelle Y, Schneider Y.J,Roche H.M.,(2006).** Eicosapentaenoic acid and 3, 10 dithia stearic acid inhibit the desaturation of trans-vaccenic acid into cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid through different pathways in Caco-2 and T84 cells. *Br. J. Nutr.* 95, 688-695.

**Roudant. H, E Lefrancq., (2005).** *Alimentation théorique*. (Ed) : *DOINA*.France ,52-122.

**Roussac F,Roussac A, (2000).**Analyse chimique. (Ed) : *DUNOOD*.

## S

**Simon D, Guichard.E, Gripon J.C.,(1997).** La flaveur des fromages.IN : *le fromage. Tec et Doc. Lavoisier*, p254-259,263.

**Simbelie. K., (2008).** Exigences réglementaires applicables aux fromages et spécialités fromagères. Note d'information n°2008.Paris.

**Schäffer B, Szakaly S, Lőrinczy D, Schäffer B, (2001).** Processed cheeses made with and without Peptization : Submicroscopic structure and thermodynamic characteristics. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*,64. 671-679.

**Schär W, Bosset J.O., (2002).** Chemical and physicochemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage. A review. *Lebensm. Wissen. Technol*,35. 15–20.

**Sonntag N.O.V.,( 1979a).** Structure and composition of fats and oils. In : Swern D. (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products.* (Ed):*Wiley-Interscience* : New-York, 1 , p1-98.

**Sonntag N.O.V.,( 1979b).** Composition and characteristics of individual fats and oils. In : Swern D. (Ed): *Bailey's industrial oil and fat products*, New-York, 1.289-477.

**Sreenivasan B.,( 1968).** Component fatty acids and composition of some oils and fats. *Journal Am. Oil Chem. Soc.*, 45.259-265.

## T

**Taggart P, Mitchell J.R., (2009).** Starch. In: Phillips G.O., Williams P.A. *Handbook of Hydrocolloids.* 2<sup>ème</sup> edition, *Woodhead Publishing Limited*, p108-141.

**Tatsumi K, Nishiya T, Yamamota H, Ido K, Hanawa N, Itoh K, Tamaki K., (1989).** Functional properties of cheese cooked without emulsifying salts in a twin screw extruder. *Reports of Research Laboratory, Snow Brand Milk Products Co*, 88. 73–90.

**Tatsumi K, Nishiya T, Ido K, Kawanishi G., (1991).** Effects of heat treatment on the meltability of processed cheese. *Journal Jpn. Soc. Food Science Technology*, 38.102–106.

**Ter Steeg , Cuppers H, Hellemons J, Rijke G., (1995).** Growth of *Clostridium botulinum* in process cheese products. I. Data acquisition for modeling the influence of pH, sodium chloride, emulsifying salts, fat dry basis, and temperature. *Journal Food Prot.*, 58, 1091–1099.

**Thirion M., (2010).** La physiologie de l'allaitement. p 1090.

## U

**Uhlmann, (1985).** Les fromages fondus. In : lats et produits laitiers : transformation et technologie. *Tec et Doc. Lavoisier*, p254-259, 263.

**USDA commodity requirements., (2007).** PCD5 Pasteurized process American cheese for use in domestic programs, p 9.

## V

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

## W

**Wagner K.H, Wagner-Hering E, (1981).** Qualitätsmerkmale des Schmelzkäses – praktische Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnisse. *Milchwissenschaft*, 36.744–747.

**Weber F, Ramet J.P., (1987).** Technologie comparée de l'affinage des différents types de fromages. IN : le fromage. *Tec et Doc. Lavoisier*, p291.

## X

**Xu, R-J. (1998).** Bioactive peptides in milk and their biological and health implications. *Food Rev.* 14, 1-16.

## Y

**Yang C.S.T, Taranto M.V, Cheryan M., (1983).** Optimization of textural and morphological properties of a soy-gelatin Mozzarella cheese analogue. *Journal of Food Processus Preservation*, 7. 41–64.

**Yoo Y-C, Watanabe S, Watanabe R, Hata K, Shimazaki K, Azurna L., (1997).** Bovine lactoferrin and lactoferricine. a peptide derived from bovine lactoferrin. Inhibit tumor metastasis in mice. *Jpn. J. Cancer Res.*, 88, 184-190.

**Yoshida S., (1989).** Preparation of lactoferrin by hydrophobic interaction chromatography from milk acid whey. *Journal Dairy Science.* 72.1446-1450.

**Yu-Poth S, Zhao G, Etherton T, Naglak M, Jonnalagadda S. and Kris-Etherton**



**P.M.,(1999).** Effects of the National Cholesterol Education Program's Step I and Step II dietary intervention programs on cardiovascular disease risk factors : a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 632-646.

## Z

**Zehren V.L, Nusbaum D.D., (1992).** Process Cheese. Cheese Reporter Publishing Company, Inc., Madison.

**Zsila F, Bikâdi Z, Simonyi M., (2002).** Retinoic acid binding properties of the lipocalin member beta-lactoglobulin studied by circular dichroism, electronic absorption spectroscopy and molecular modeling methods. *Biochemical Pharmacology*, 64(11), 1651

**Zhang R.H, Mustafa A.F, K.F. Kwai-Hang Ng, Zhao X.,(2006).** Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research* 64 .203–210.

**Zuber F, Megard D,Cheftel J.C., (1987).** Continuous emulsification and gelation of dairy ingredients by HTST extrusion cooking, production of processed cheeses. *Int. journal Food Science Technology*,22, p607–626.

## Annexe I : les milieux de culture, les géloses et les réactifs

### I.1. Milieux de culture

#### PCA

- Peptone pancréatique de caséine 5 g
- Extrait de levure déshydratée 2.5 g
- Glucose anhydre 1 g
- Agar-agar 12–18 g
- Eau distillée 1000 ml
- Autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.
- pH: 7,2

#### Gélose (VRBL)

- Extrait de levure 3g
- Peptone pancréatique de caséine 7g
- Sels biliaires 1.5 g
- Lactose 10g
- NACL 5g
- Rouge neutre 30mg
- Cristal violet 2mg
- Gélose 11g
- Eau distillée 1000 ml
- pH : 7,4

#### Gélose (VF)

- Base viande foie 20g
- Dextrose 0,75g
- Amidon 0,75g
- Sulfate de sodium 12g
- Citrate ammoniacal 0,5g
- Agar 11g
- PH = 7.6± 0.2

#### Gélose OGA

- Extrait de levure 5g
- Glucose 20g
- Gélose 16g
- Eau distillée 1000ml
- Oxytétracycline 0,1 g
- pH : 6,8 autoclaver 10g minutes à 121°C

### Gélose Héктоen

• Protéase-peptone	12g
• Extrait de levure	3g
• Chlorure de sodium	5g
• Thiosulfate de sodium	5g
• Sels biliaire	9g
• Citrate de fer ammoniacal	0,5g
• Salicine	2g
• Lactose	12g
• Saccharose	12,0 g
• Bleu de bromothymol	65 mg
• Fuchsine acide	40 mg
• Agar Agar bactériologique	13,5 g
• pH : 7,6 ± 0,2	

### Gélose Chapman

• Peptone	10g
• Extrait de levure	1g
• NaCl	75g
• Mannitol	10g
• Rouge de phénol	25g
• Gélose	15g
• Eau distillé	1000ml
• pH : 7,4	

### Milieu (SFB)

• Peptone	5g
• Lactose	4g
• Phosphate disodique	10g
• Sélénite acide de sodium	4g
• pH : 7	

### Milieu Rothe

Composition	S/C	D/C
• 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
- Acide de sodium 0,2g 0,4g
- Eau distillée 1000ml 1000ml
- pH : 6,8 -7,0

### 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

## I.2. Réactifs

### Eau physiologique

- NaCl 9g
- Eau distillée 1000ml

### Solution de NaOH (N/9)

- Hydroxy de sodium 2,2g
- Eau distillé 500ml

### Tashiro

- Solution de rouge de méthyle à 0,5g/l
- L'éthanol
- Solution de bleu de méthyle à 1g/l
- Solution de glucose à 0,05%

### Fushine

- Fushine basique 1g
- Alcool éthylique 10g
- Phénol 5g
- Eau distillée 100ml

### **Lugol**

- Iode 1g
- Iodure de potassium 2g
- Eau distillée 300ml

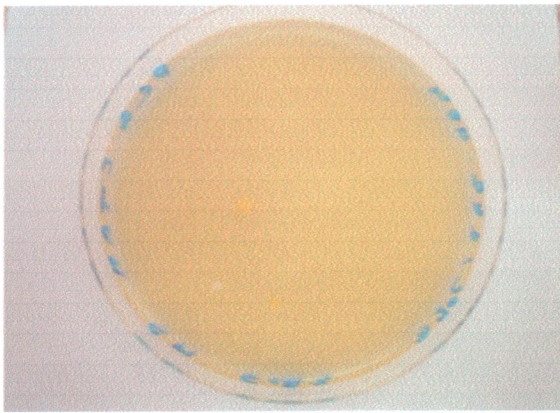
### **Violet de gentiane**

- Violet de gentiane 1g
- Ethanole à 90% 10ml
- Phénol 2g
- Eau distillée 100ml

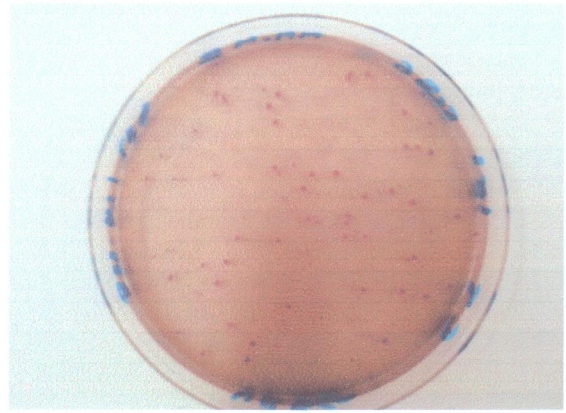
### **Phénol phtaléine**

- Phénol 19g
- Alcool 100ml

**Annexe II : Résultats des différents tests physico-chimiques et microbiologiques**

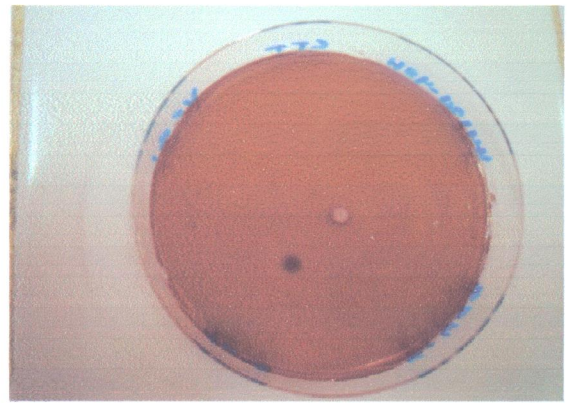
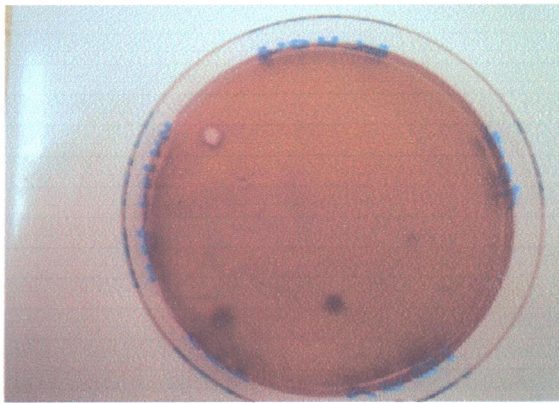


**(1)**

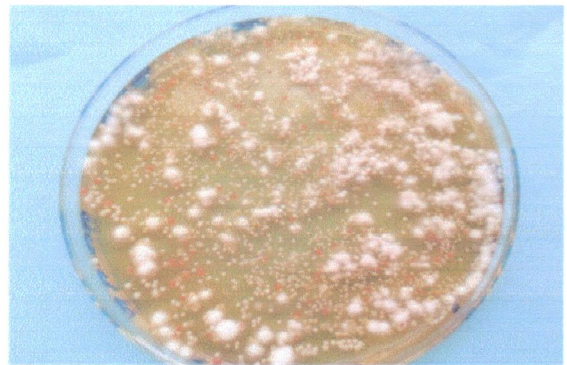
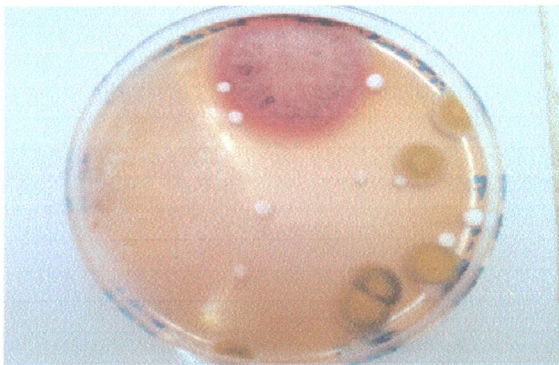


**(2)**

**Figure 01 : dénombrement des flores totales mésophiles (1) et des coliformes totaux (2)**



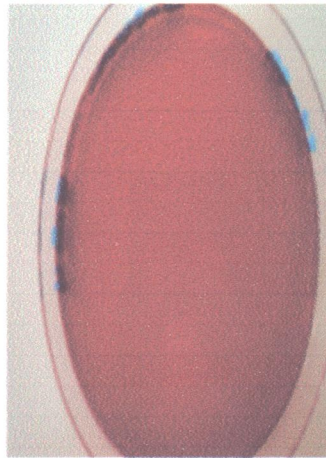
**Figure 02 : dénombrement des coliformes thermotolérants**



**Figure 03 : dénombrement des levures et moisissures**



**Figure 04 : détermination du taux de matière minérale**

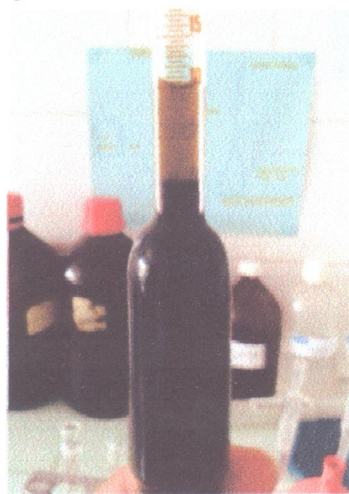


(1)

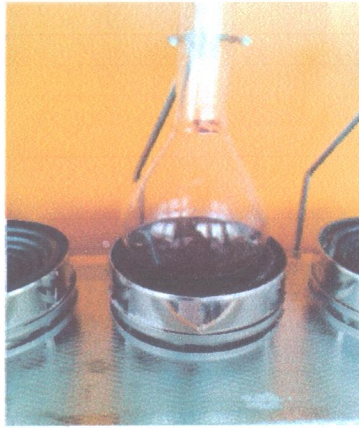
(2)

(3)

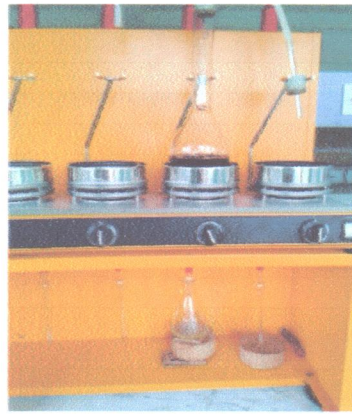
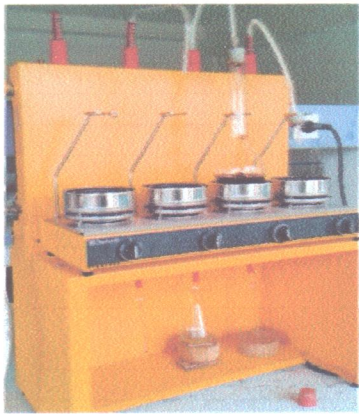
**Figure 06 : recherche des streptocoques (1) (2) et des salmonelles (3)**



**Figure 07 : le taux peptidique dans un butyromètre à fromage**



**Figure 08 : méthode de Kjeldahl : étape de minéralisation**



**Figure 09 : méthode de Kjeldahl : étape de distillation**



**Figure 10 : méthode de Kjeldahl : dosage de l'ammoniac et changement du milieu vert vers gris sale**



### Annexe III : Tableaux des résultats des différents tests

**Tableaux I :** Résultats de dénombrement de la flore totale (UFC/g de fromage fondu).

F	Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S
T	1(10 <sup>5</sup> )	0,02	0,022	0,018	0,116	0,005	0,207	0,80	0,038	S
	2(10 <sup>5</sup> )	0,50	-	0,023	0,018	0,55	0,012	0,24	0,85	
M	3(10 <sup>5</sup> )	0,01	-	0,016	0,014	0,009	0,105	0,029	0,006	S
	Moy (10 <sup>3</sup> )	0,177± 0,281	0,022	0,019± 0,003	0,05± 0,056	0,188± 0,312	0,40±0, 523	0,356± 0,399	0,296± 0,471	
S S		NS								

SS : signification statistique

NS : non significative

**Tableau II:** Taux des coliformes totaux dans les fromages fondus

C	Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S
T	1(10 <sup>3</sup> )	abc	abc	Abc	1,6	abc	7,4	abc	16	S
	2(10 <sup>3</sup> )	abc	-	Abc	abc	abc	abc	9	abc	
T	3(10 <sup>3</sup> )	abc	-	Abc	abc	abc	abc	abc	21	S
	Moye (10 <sup>3</sup> )	0	0	0	0,533 ± 0,906	0	2,47± 4,27	3± 5,196	12,3± 10,97	
S S		NS								

NS : non significative

abc : absence

**Tableau III :** Evaluation du nombre de coliformes thermo-tolérants dans les échantillons analysés.

C	Echa Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S
T	1(10 <sup>3</sup> )	abc	abc	abc	abc	abc	abc	abc	1,8	S
	2(10 <sup>3</sup> )	abc	-	abc	abc	abc	abc	abc	abc	
T	3(10 <sup>3</sup> )	abc	-	abc	abc	abc	abc	abc	abc	S
	Moyen (10 <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0,6	
S S		NS								

NS : non significative

abc : absence

**Tableau IV:** Résultats du dénombrement de levures et moisissures

Lev et mois	Echa Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S
T	1(10 <sup>3</sup> )	27,5	2,4	150	25	98	7,7	100	97	S
	2(10 <sup>3</sup> )	23,7	-	9	120	25,4	78	95	102	
T	3(10 <sup>3</sup> )	3,1	-	13,1	150	4,5	1,5	5,9	2,1	S
	Moy (10 <sup>3</sup> )	18,1± 13,12	2,4	57,36± 80,24	89,33± 65,25	42,63± 49,89	30,5± 42,49	66,96± 52,94	67,03± 56,28	
S S		NS								

NS : non significative

abc : absence

**Tableau V:** Evaluation du pH des fromages fondus

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	6,21	6,58	6,45	6,54	6,30	6,32	6,37	6,22	N S
2	6,00	-	6,40	6,55	6,30	6,34	6,39	6,19	
Moy	6,10 ±0,01	6,58	6,33 ±0,01	6,55 ±0,01	6,3 ±0,01	6,33 ±0,01	6,38± 0,01	6,20 ±0,01	
S S	S								

S : Significative

NS : non significative

**Tableau VI :** l'acidité Dornic des échantillons analysés.

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	10,00	13,66	11,66	12,33	12,33	12,66	11,33	11,33	N S
2	13,33	-	13,33	11,00	13,66	9,33	13,00	16,00	
Moy	12,00 ± 2,00	13,66	12,49 ± 0,83	11,66 ±0,66	12,99 ±0,66	10,99 ±1,66	12,16 ±0,84	13,66 ±2,34	
S S	NS								

NS : non significative

**Tableau VII :** les valeurs de la matière sèche des fromages fondus analysés

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	54,6	63,13	47,83	55,53	51,3	42,9	57,85	44,55	S
2	68,3	-	44,6	54,4	59,4	43,4	68,6	45,6	
Moy	61,45± 6,85	63,13 ± 0,93	46,22± 1,61	54,96± 0,56	55,35± 4,05	43,15± 0,25	63,23± 5,43	45,08± 0,52	
S S	NS								

S : Significative

NS : non significative

**Tableau VIII :** Résultats du taux d'humidité

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	45,4	36,87	52,17	44,47	48,7	57,1	42,15	55,45	S
2	31,7		55,4	45,6	40,6	56,6	31,4	54,4	
Moy	38,55± 7,15	36,87	53,79± 2,39	45,04± 0,56	44,65± 4,05	56,85± 0,25	36,78± 5,37	54,93± 0,52	
S S	NS								

NS : non significative

**Tableau IX: Résultats de la matière minérale**

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	3,86	3,65	3,6	4,35	3,15	3,2	3,8	3,3	N
2	4,2	-	3,6	4,1	3,7	3,7	3,2	4,1	
MM	4,03±	3,65±	3,6±	4,22±	3,43±	3,45±	3,5±	3,7±	S
%	0,17	0,04	0,01	0,13	0,27	0,25	0,3	0,4	
S S	NS								

NS : non significative

**Tableau X: Taux en matière organique**

Ech Lots	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky	S S
1	50,74	59,48	44,23	51,18	48,15	39,7	54,05	41,25	S
2	64,1		41,00	50,3	55,7	39,7	65,4	41,5	
MO	57,42±	59,48	42,62±	50,74±0,	51,93±	39,7±0	59,73±	41,38±	S
%	7,32		1,61	44	3,77	,01	5,67	0,12	
S S	NS								

NS : non significative

**Tableau XI : Evaluation de la matière grasse de fromage**

Ech	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky
MG	25,40	19,60	18	17,20	17,50	14,70	22,80	12,70
%								
S S	NS							

NS : non significative

**Tableau XII : Taux en protéine dans les fromages fondus**

Echa	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky
Protéine%	5,82	4,72	-	-	-	2,15	-	1,70
S S	NS							

NS : non significative

**Tableau XIII: Rapport gras/sec des échantillons du fromage fondu.**

Echa Rapport	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky
G/S%	41,33	31,04	38,94	31,29	31,61	34,06	36,05	28,17
G/S% sur l'emballage	50	40	40	40	40	45	50	35
S S	NS							

NS : non significative

**Tableau XIV : L'extrait sec dégraisse des échantillons analysés**

Ech	Vache qui rit	Kimi	Berbère	Ramdy	Okid's	Blady	Président	Shunky
ESD%	36,05	43,53	28,22	37,76	37,85	28,45	40,43	32,38
S S	NS							

NS : non significative

**Tableau XV : Résultats de l'analyse de variance : test d'ANOVA à un seul facteur**

Tests P selon	FTM	CT	CTT	Lev et moisi	PH	A °D	MS	H	MM	MO
Lots	0,87	0,77	0,39	0,21	0,44	0,44	0,38	0,38	0,38	0,4
Variétés	0,61	0,07	0,46	0,64	0,02	0,84	0,03	0,03	0,29	0,03

**P : Probabilité**

Cette P est comparée à celle 0,05 ;

- Si  $P \leq 0,05$  : la variation des résultats est significative.
- Si  $P > 0,05$  : la variation des résultats est non significative.

# Annexe IV : L'analyse de variance à un seul facteur : test d'ANOVA

## 1- sélection des données (PH par exemple)

	A	B	C	D
1	<b>pH</b>			
2		ser1	ser2	
3	vache qui rit	6,21	6	
4	berbière	6,43	6,22	
5	ramdy	6,56	6,54	
6	okid's	6,3	6,3	
7	Blady	6,32	6,34	
8	président	6,37	6,39	
9	shunky	6,22	6,19	
10				

## 2- choisir un outil d'analyse : analyse de variance à un seul facteur

The screenshot shows the 'Outils d'analyse' dialog box in Microsoft Excel. The 'Analyse de variance (une seule colonne)' option is selected in the 'Outils d'analyse' list. The 'Entrée' field is set to '\$B:\$D' and the 'Sortie' field is set to '\$E:\$F'.

## 3- sélection les données : selon les colonnes

The screenshot shows the 'Analyse de variance un facteur' dialog box in Microsoft Excel. The 'Bases d'analyse' field is set to '\$B:\$D' and the 'Stat de significativité' field is set to '0,05'. The 'Options descriptives' checkbox is checked.

## 4- calcule la probabilité et des autres paramètres déferents

The screenshot shows the results of an ANOVA analysis in Microsoft Excel. The 'RAPPORT DÉTAILLÉ' section shows the following data:

Groupes	Ins d'échanti	Somme	Moyenne	Variance
Colonne 1	7	44,43	6,34714286	0,01372381
Colonne 2	7	43,98	6,28285714	0,02893714

The 'ANALYSE DE VARIANCE' section shows the following data:

ce des variat	mm des com	gné de	libertyenne	des coi	F	Probabilité	ur critique pour F
Entre Group	0,01446429	1	0,01446429	0,64744751	0,43667881	4,74722334	
A l'intérieur	0,26808571	12	0,02234048				
Total	0,28253	13					

## 5- Sélection les données : selon les colonnes

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data table and a dialog box for one-factor ANOVA. The data table is as follows:

	99°C	99°C
1 pH		
2		
3 vache qui rit	6,21	6
4 bebiane	6,43	6,22
5 ramdy	6,36	6,34
6 vifly	6,5	6,3
7 Sifly	6,52	6,34
8 president	6,57	6,33
9 doudy	6,22	6,25

The 'Analyse de variance: un facteur' dialog box shows the following settings:

- Paramètres d'entrée: Plage d'entrée: \$B\$2:\$E\$9
- Groupes: Somme
- Niveau de signification: 0,05
- Options de sortie: Plage de sortie: (empty)
- Créer une nouvelle feuille
- Créer un nouveau classeur

## 6- Calcule la probabilité et des autres paramètres déferents

The screenshot shows the ANOVA results table in Excel. The table is as follows:

Groups	Size d'échanti	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	2	12,21	6,105	0,02203
Ligne 2	2	12,67	6,335	0,02645
Ligne 3	2	13,1	6,55	0,0002
Ligne 4	2	12,8	6,3	0
Ligne 5	2	12,66	6,33	0,0002
Ligne 6	2	12,76	6,38	0,0002
Ligne 7	2	12,41	6,205	0,00043

The ANOVA table is as follows:

ce des variabilité	des corrigé de	liberté des co	F	Probabilité	ur critique pour F	
Entre Groupes	0,233	6	0,03683333	3,48604104	0,02087158	3,56396853
A l'intérieur	0,04933	7	0,00707537			
Total	0,28233	13				

Ces probabilités calculées sont comparées à celles 0,05 (5%).

Présenté par : BOUROUAIAH Mohammed  
BOUTEBIBA Manal

Encadreur : Mr. BOUDJERDA. Dj

Date de soutenance : 03/07/2013

### Thème

Qualité des fromages fondus commercialisés dans la wilaya de Jijel

### Résumé

Huit variétés de fromage fondu ont été aléatoirement rassemblés des différents supers marchés dans la Wilaya de Jijel et ont été étudiés en vue d'évaluer la qualité physicochimiques, microbiologiques et l'origine des acides gras trouvés par GC-MS.

Après l'analyse microbiologique, le fromage fondu présente une qualité microbiologique satisfaisante avec une absence de pathogène sauf que pour le fromage de "Shunky" qui est contaminé par les coliformes fécaux.

De point de vue physicochimique, les fromages analysés ont une qualité physicochimique suffisante à l'exception de la teneur en matières grasses et en protéines.

Enfin, L'analyse par GC-MS montre l'existence des acides gras saturés et insaturés présentent essentiellement dans le lait et les produits laitiers. Ainsi que la présence des trois profils différents c'est-à-dire les produits des bases ne répondent pas à un même cahier de charge.

**Mots clés :** Fromage fondu, qualité microbiologique, qualité physicochimique, GC-MS.

### Abstract

Eight varieties of processed cheese were by chance gathered different supermarkets in Wilaya of Jijel and were studied in order to evaluate quality physico-chemical, microbiological and the origin of the fatty acids found by GC-MC.

After the microbiological analysis, the processed cheese has a satisfactory microbiological quality with an absence of pathogenic except that for cheese of "Shunky" which is contaminated by the fecal coliformes.

From physico-chemical point of view, the analyzed cheeses have a sufficient physico-chemical quality except for the fat content and of protein.

Lastly, the analysis by GC-MS shows the existence of the fatty acids saturated and unsaturated present primarily in milk and the dairy products. As well as the presence of three profiles the various i.e. products of the bases do not answer the same specifications.

**Keywords:** Processed cheese, microbiological quality, physicochemical quality, GC-MS.

### ملخص

تم جمع ثمانية أصناف من الجبن الذائب عشوائيا من محلات مختلفة في ولاية جيجل و تمت دراستهم لتقييم الجودة الفيزيائية والميكروبيولوجية ومصدر الأحماض الدهنية الموجودة بواسطة كروماتوغرافيا الطور الغازي.

بعد التحليل الميكروبيولوجي ، الجبن الذائب لديه نوعية ميكروبيولوجية مرضية لخلوها من البيكتيريا الممرضة باستثناء الجبن « Shunky » الملوث بالقولونيات البرازية.

من الناحية الفيزيوكيميائية، نوعية الأجبان المدروسة مرضية ما عدا أن نسبة البروتين و المادة الدسمة ضعيفة مقارنة بالمعايير. أخيرا، أظهرت دراسة التركيبية الكيميائية بواسطة كروماتوغرافيا الطور الغازي غناها بالأحماض الدهنية المشبعة واحتوائها على الأحماض الدهنية الفردية الموجودة أساسا في الحليب و مشتقاته. كذلك أظهرت وجود ثلاثة ملامح مختلفة لكروماتوغرافيا الطور الغازي التي تدل على أن المادة الأولية لا تفي بنفس المواصفات.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن الذائب، النوعية الميكروبيولوجية، النوعية الفيزيوكيميائية، كروماتوغرافيا الطور الغازي.

