

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

جامعة جيجل

Université de Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Microbiologie Appliquée et  
des Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم ميكروبيولوجيا التطبيقية و علوم  
التغذية

Mémoire De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie

Option : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème

*Contrôle de qualité microbiologique et physicochimique des nouvelles  
marques de fromage fondu commercialisé dans la wilaya de Jijel*

**Membres du Jury :**

**Président :** D<sup>r</sup> Dairi Sofiane

**Examinatrice :** D<sup>r</sup> Benali Sonia

**Encadreur :** M<sup>r</sup> Boudjarda Djamel

**Présentée par :**

Bechlem Halima

Betatache Amira

Année Universitaire : 2017-2018

Numéro d'ordre (bibliothèque):.....

## *Remerciement*

*Nous tenons à remercier tout d'abord Dieu le tout  
Puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience  
D'accomplir ce Modeste travail.*

*En second lieu, on tient à remercier notre encadreur Mr : **Boudjerda  
Djamel** pour son encadrement, ses conseils et son aide  
Précieux et constant qu'il nous a apporté tout au long de ce travail,  
ainsi que pour les remarques constructives qu'il nous a donné lors de la  
rédaction de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury  
Docteur **Dairi Sofiane** et M<sup>eme</sup> **Benali Sonia** pour l'intérêt qu'ils ont  
portés à nos recherches en acceptant d'examiner notre travail  
Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous les enseignants  
de département de biologie qui, par leur enseignement, ont contribué à  
notre formation durant tout notre cursus universitaire.*

*Nous tenons à remercier aussi les ingénieurs du laboratoire de contrôle  
du qualité surtout "ASMA" et "IMEN" et Sans oublier le gérant de la  
laiterie IJILI M<sup>eme</sup> Hmama*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont  
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Amira et Halima*

## *Dédicace*

*À ce moment de bonheur, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :*

*À la mémoire de mon père*

*À celle qui est la lumière de mes yeux :*

*À ma très chère mère. Quoi que je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi.*

*Que ALLAH me la garde et la protège*

*À mes belles sœurs NABILA, LOUBNA, AZZA et enfants AMINE, DJIHADE et ABD ELRAHMAN et son mari FARID*

*À mes chers frères : RABAH, ANTAR et sa femme SOUAD*

*À ma grand mère FATIMA*

*À toute la famille BETATACHE*

*Que ALLAH me les garde et les protège*

*À mon binôme et ami HALIMA qui a partagé avec moi les moments difficiles.*

*À tous mes amis proches*

*À tous mes copines : ILHEM, NIHADE, FATEN et NABILA*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur et de santé*

*AMIRA*

## *Dédicace*

*J'ai l'honneur de dédier ce travail*

*A*

*Les plus chères personnes dans ce monde « Mes parents » pour leurs sacrifices et soutiens qu'ils ont entrepris afin de me voir réussir. Je les remercie pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué, pour leur présence permanente et leur disponibilité tout au long de ma vie.*

*A mes chères sœurs : Nassira, Zineb, Omelkhir, Imen et ses enfants Djawade, Sidali et Hanine et son mari Cherif.*

*A mes chers frères : Bilel et Chouaib.*

*Et à tout ma famille.*

*À mon binôme et ami **Mira** qui a partagé avec moi les moments difficiles.*

*Et bien sûr mes chères copines, Ilhem, Ften, Nabila et Nihade, Amira, Zineb, Rahima et Micha*

*HALIMA*

**Liste des abréviations****Liste des tableaux****Listes des figures****Synthèse bibliographiques****Introduction****Chapitre I. lait et produits laitiers**

I.1. Généralité sur le lait .....	01
I.1.1. Définition .....	01
I.1.2. Composition chimique du lait .....	01
I.1.2.1. Eau .....	01
I.1.2.2. La matière azotée .....	02
I.1.2.3. Lipides .....	02
I.1.2.4. Glucides .....	02
I.1.2.5. Minéraux .....	02
I.1.2.6. Vitamines .....	02
I.1.2.7. Enzymes .....	02
I.2. Produits laitiers .....	03
I.2.1. Définition des produits laitiers .....	03
I.2.2. Types des produits laitiers .....	03
I.2.2.1. Lait fermentés .....	03
I.2.2.2. Yaourts (ou yoghourts) .....	03
I.2.2.3. Crème fraîche .....	03
I.2.2.4. Beurre .....	04
I.2.2.5. Fromage .....	04
I.2.2.5.1. Définition .....	04
I.2.2.5.2. Fabrication de fromage .....	04

I.2.2.5.3. Classification des fromages .....	05
I.2.2.5.3.a. Fromage frais .....	05
I.2.2.5.3.b. Fromages affinés .....	05
I.2.2.5.4. Valeur nutritionnelle de fromage .....	06

## **Chapitre II. Fromage fondu**

II.1. Définition.....	07
II.2. Technologie de fabrication des fromages fondus .....	07
II.2.1. Etapes de fabrication .....	07
II.2.1.1. Sélection de la matière première .....	07
II.2.1.1.1. Matière première laitière .....	07
II.2.1.1.2. Matière première non laitière .....	08
II.2.1.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages .....	08
II.2.1.3. Mélange, cuisson et fonte .....	08
II.2.1.4. Homogénéisation .....	09
II.2.1.5. Stabilisation et traitement thermique .....	09
II.2.1.6. Conditionnement de fromage fondu .....	10
II.2.1.7. Refroidissement .....	10
II.2.1.8. Etiquetage .....	10
II.2.1.9. Conservation .....	10
II.3. Phénomènes de la fonte .....	12
II.3.1. Peptisation .....	12
II.3.2. Crémage.....	12
II.3.3. Refroidissement .....	12
II.4. Défauts de fabrication de fromage fondu .....	12
II.5. Différents types de fromage fondu .....	13
II.6. Composition chimique et valeur nutritionnel du fromage fondu .....	14

II.7. Microbiologie du fromage .....	15
--------------------------------------	----

### III. Etude expérimentales

III.1. Matériels et méthodes.....	17
III.1.1. Equipements du laboratoire.....	17
III.1.2. Matériel biologique .....	17
III.2. Méthodes .....	17
III.2.1. Echantillonnage .....	17
III.2.2. Analyse microbiologique de fromage fondu .....	17
III.2.2.1. Préparation de la solution mère .....	17
III.2.2.2. Dénombrement la flore aérobie mésophile .....	18
III.2.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes.....	18
III.2.2.3.1. Les coliformes totaux .....	18
III.2.2.3.2. Les coliformes thermo tolérants .....	18
III.2.2.4. Recherche des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur .....	19
III.2.2.5. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	19
III.2.2.6. Recherche et dénombrement des staphylocoques .....	19
III.2.2.6.1. Identification biochimique .....	20
III.2.2.6.1.a. Coloration de Gram .....	20
III.2.2.6.1.b. Test catalase .....	20
III.2.2.6.1.c. Test coagulase .....	21
III.2.2.7. Recherche et dénombrement des entérobactéries.....	21
III.2.2.8. Recherche de salmonella.....	21
III.2.2.8.1. Identification biochimique .....	22
III.2.2.8.1.a. Coloration de Gram.....	22
III.2.2.8.1.b. Teste catalase.....	22
III.2.2.8.1.c. Déterminer le type respiratoire .....	22

III.2.2.8.1.d. Mise en évidence d'une « respiration aérobie » .....	22
III.2.2.8.1.e. Etude du métabolisme glucidique .....	23
III.2.2.8.1.f. Mannitol Mobilité.....	23
III.2.2.8.1.g. Recherche du citrate perméase .....	24
III.2.2.8.1.h. Teste du RM (Rouge de méthyle) et teste de VP (Vogesproskrover) .....	24
III.2.2.8.1.i. Teste de dégradation de l'urée .....	24
III.2.2.8.1.j. Teste de métabolisme des acides aminés (décarboxylation).....	25
III.3. Analyse physicochimique.....	25
III.3. 1. Mesure de pH .....	25
III.3.2. Détermination de l'acidité Dornique.....	25
III.3.3. Mesure de l'extrait sec (ES) .....	26
III.3. 4. Détermination de la teneur en matière minérale .....	26
III.3.5. Détermination de la teneur en matière organique .....	27
III.3.6. Détermination du taux d'humidité .....	27
III.3.7. Le teste d'amidon .....	27
III.3.8. Détermination de la teneur en matière grasse .....	27
III.3.9 Analyse chromatographique des esters méthyliques d'acides gras (CG-SM) .....	28
III.3.10. Dosage des minéraux .....	29

#### IV. Résultats et discussion

IV.1. Contrôles microbiologiques .....	30
IV.1.1. La flore totale aérobie mésophile.....	30
IV.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes thermo tolérants .....	31
IV.1. 2.1. Les coliformes totaux.....	31
IV.1.2.2. Les coliformes thermotolérants.....	31
IV.1.3. Recherche des <i>Clostridium sulfetoreducteurs</i> .....	33
IV.1.4. Les levures et moisissures.....	34



IV.1.5. Recherche et dénombrement des Staphylocoques .....	34
IV.1.5.1. Identification Biochimique .....	35
IV.1.6. Les entérobactéries.....	35
IV.1.7. Recherche de salmonella.....	37
IV.1.7.1. Résultats des tests biochimiques .....	37
IV.2. Contrôles physicochimiques .....	38
IV.2.1. Mesure du pH.....	38
IV.2.2. Mesure de l'acidité dornic.....	39
IV.2.3. La teneur en extrait sec .....	39
IV.2.4. Taux de la matière minérale.....	40
IV.2.5. Teneur en matière organique.....	41
IV.2.6. Le taux d'humidité .....	42
IV.2.7. Teste d'amidon.....	43
IV.2.8. La matière grasse .....	43
IV.2.9. Quantification des acides gras.....	44
IV.2.10. La teneur en minéraux .....	48

## **Conclusion**

## **Annexes**

## Liste des abréviations

<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>CG-SM</b>	Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse
<b>CO<sub>2</sub></b>	dioxyde de carbone
<b>CT</b>	Coliformes Totaux
<b>CTT</b>	Coliformes thermotolérants
<b>Cu</b>	cuivre
<b>°D</b>	degré dornic
<b>ECH</b>	Echantillon
<b>ES</b>	Extrait sec
<b>FTAM</b>	Flore totale aérobie mésophile
<b>g</b>	Gramme
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfure d'hydrogène
<b>HCl</b>	chlorure d'hydrogène
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne
<b>JORF</b>	Journal Officiel de la République Française
<b>MEVAG</b>	Milieu d'étude de la voie d'attaque des glucides
<b>MG</b>	matière grasse
<b>mg</b>	Milligramme
<b>ml</b>	Millilitre
<b>µl</b>	Microlitre
<b>MM</b>	Matière minérale
<b>MO</b>	Matière organique
<b>MS</b>	Matière sèche
<b>Na Cl</b>	Chlorure de sodium
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de sodium
<b>PCA</b>	Plate Count Aga

<b>pH</b>	potentiel d'hydrogène
<b>ppm</b>	particule par million
<b>RM</b>	Rouge de méthyle
<b>SAAF</b>	Spectrométrie d'absorption atomique avec flamme
<b>TSI</b>	Tri-Sugar-Agar
<b>UFC</b>	Unité formant colonie
<b>VF</b>	Viande foie
<b>VP</b>	Voges proskrover
<b>VRBG</b>	Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre
<b>VRBL</b>	Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre
<b>Zn</b>	zinc

## **Liste des tableaux**

**Tableau N° 1.** Composition chimique pour un litre de lait

**Tableau N° 2.** Composition moyenne du lait de différentes espèces animales

**Tableau N° 3.** Défauts de fabrication de fromage fondu au moment de la fonte

**Tableau N° 4.** Composition moyenne de fromage fondu

**Tableau N° 5.** Gamme des échantillons analysés

**Tableau N° 6.** Interprétation des essais de type respiratoire

**Tableau N° 7.** Résultats obtenus de la recherche des clostridiums

**Tableau N° 8.** Résultats obtenus de la recherche des staphylocoques

**Tableau N° 9.** Résultats des essais biochimiques des staphylocoques

**Tableau N°10.** Résultats des essais biochimiques de salmonella

## Liste des figures

**Figure N°1.** Schéma générale de la fabrication de fromage

**Figure N°2.** Principe du traitement de stérilisation UHT directe : upérisation

**Figure N°3.** Principales voies de fabrication du fromage fondu

**Figure N°4.** Variation du niveau de contamination par la flore totale Mésophile dans les échantillons de fromage fondu

**Figure N°5.** Variation du niveau de contamination moyenne par les coliformes totaux entre cinq échantillons de fromage fondu

**Figure N°6.** Variation du niveau de contamination par les coliformes thermo tolérants dans les échantillons de fromage fondu

**Figure N°7.** Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage fondu

**Figure N°8.** Variation du niveau de contamination moyenne par les entérobactéries entre cinq échantillons de fromage fondu

**Figure N°9.** Variation du pH dans les échantillons de fromage fondu

**Figure N°10.** Variation de l'acidité dans les échantillons de fromage fondu

**Figure N°11.** Variation du taux de matière sèche

**Figure N°12.** Variation du taux de la matière minérale

**Figure N°13.** Variation du taux de la matière organique

**Figure N°14.** Variation de la teneur en humidité

**Figure N°15.** Variation de la teneur en matière grasse

**Figure N°16.** Chromatogramme des acides gras pour « Bravo »

**Figure N°17.** Chromatogramme des acides gras pour « Cheezy »

**Figure N° 18 .**Chromatogramme des acides gras pour « Super portion »

**Figure N°19.** Chromatogramme des acides gras pour « La vache qui rit »

**Figure N° 20.** Chromatogramme des acides gras pour « Dialna »

**Figure N° 21.**Teneur en Zn et Cu dans le fromage fondu

Le fromage est le nom générique d'un groupe diversifié d'aliments à base de lait fermenté (**Fox, 1996**). C'est l'un des premiers moyens de conservation du lait (3000 ans avant notre ère), qui est rapidement périssable. Cependant, le fromage est un produit laitier « vivant » qui offre une stabilité relative et variable (**Richonnet, 2016**).

Les types de fromages ont rapidement gagné de l'intérêt du fait de leurs caractéristiques organoleptiques agréables et constituent ainsi une alternative intéressante à la consommation du lait, chaque fromage ayant sa spécification. Ils varient par la nature du lait, par la teneur en matière grasse et par leur mode d'affinage. Parmi les types de fromage qu'on peut trouver : les fromages frais, à pâtes pressées, à pâtes dures, à pâtes filées, les fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie, ainsi que les fromages fondus (**Boutonnier, 2000**).

En Algérie, le fromage fondu a une importance capitale aussi bien socio-économique que nutritionnelle. En raison de la consommation croissante, il est important d'assurer aux consommateurs la salubrité et l'innocuité de cette denrée alimentaire (**Benamara, 2016**). C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui se divise en deux parties, une partie bibliographique et une partie expérimentale qui a pour but : (i) l'estimation de la qualité microbiologique et physicochimique de certaines marques de fromage fondu commercialisés dans la wilaya de Jijel, (ii) de vérifier la nature des matières grasses et des acides gras présents dans le produit fini, (iii) et de vérifier leurs charges en certains minéraux comme le zinc et le cuivre.

## Chapitre I. Lait et produits laitiers

### I. Généralité sur le lait

#### I.1. Définition

La première définition du lait apparaît en 1908, au Congrès international de la Répression des Fraudes de Paris. Le mot « lait » a été défini comme : « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (Noblet, 2012).

#### I.2. Composition chimique du lait

TableauN°1. Composition chimique pour un litre de lait (Luquet, 1985).

Composants	Quantité (g/l)	Norme
<b>1- Eau</b>	90	Extrêmes
<b>2- Glucides : Lactose</b>	42	40-60
<b>3- Matières grasses</b>	39	25-45
➤ lipides	38	
➤ phospholipides	0,5	
➤ composés liposolubles	0,5	
<b>4- Matière azotée</b>	33	25-40
➤ protéine	32,7	
caséine	28	
protéines solubles	47	
➤ azote non protéique	0,3	
<b>5- Matière saline</b>	9	7-10
<b>6- Biocatalyseurs : vitamines, enzyme</b>	Traces	
<b>Gaz dissous</b>	5% de volume de lait	
<b>8- Matière sèche totale</b>	130	

##### I.2.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, (Amiot *et al.*, 2002). Il représente 87% du poids total du lait, une partie de celle-ci est liée au lactose, aux protéines et aux sels minéraux (O'oconnor *et al.*, 1991).

### **I.2.2. Matière azotée**

La matière azotée du lait répartie en deux groupes, les protéines (95 %) et les matières non protéiques (l'azote minéral) (5%) (**Brule, 1987**).

### **I.2.3. Lipides**

Les lipides constituent la partie la plus variable du lait ; leurs concentration varie de 10 à 500 g/l suivant les espèces. Les matières grasses du lait sont responsables de sa couleur et sa flaveur et présentent environ la moitié de sa valeur énergétique (**Vierling, 2008**).

### **I.2.4. Glucides**

Le lactose est le glucide, ou hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40 % des solides totaux. Autre glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose (**Vignola, 2002**).

### **I.2.5. Minéraux**

Les minéraux du lait ne forment qu'une faible partie de la matière sèche mais ils sont intéressants par leur contenu en calcium (1.25g/l) et en phosphore (1g/l), qui est beaucoup plus élevé que celui du sang (**Alais et al ., 2008**).

### **I.2.6. Vitamines**

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

Les vitamines sont classées en deux grandes catégories : les vitamines hydrosolubles et les vitamines liposolubles (**Debry, 2002**).

### **I.2.7. Enzymes**

Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elle sont des hydrolases (**Blanc, 1982**).

La composition du lait est variable, elle dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race/espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation et l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur le lait (**Pougeon et Goursaud, 2001**). La différence de composition est illustrée dans le **tableau N° 2**.



Tableau N°2. Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (Vignola, 2002)

animaux	Eau(%)	Matière grasse (%)	Protéine (%)	Glucide (%)	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

## II. Produits laitiers

### II.1. Définition des produits laitiers

Le règlement européen CEE n° 1898/87 définit les produits laitiers comme : « Les produits dérivés exclusivement du lait, étant entendu que des substances nécessaires pour leur fabrication peuvent être ajoutées, pourvu que ces substances ne soient pas utilisées en vue de remplacer, en tout ou partie, l'un quelconque des constituants du lait » (Pelletier *et al.*, 2007).

### II.2. Types des produits laitiers

#### II.2.1. Lait fermentés

La dénomination « lait fermenté » (décret n° 88-1203 du 30 décembre 1988) est réservée au produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non ou des laits concentrés ou en poudre, écrémés ou non, enrichis ou non en constituants du lait, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencés avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit (Pelletier *et al.*, 2007).

#### II.2.2. Yaourts (ou yoghourts)

La norme codex pour les yaourts et le yaourt sucré précédemment en vigueur datait de 1975. Elle stipulait : « le yoghourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Dans le produits fini, les microorganismes doivent être à état viable et en quantité abondante » (Maryvonne, 2012).

#### II.2.3. Crème fraîche

On entend par crème fraîche, le produit laitier plus ou moins riche en matière grasse séparée du lait, qui se présente sous la forme d'une émulsion du type grasse-dans-lait écrémé. On peut ajuster la composition fini par l'adjonction de lait écrémé (Codex V12).

## II.2.4. Beurre

La dénomination « beurre » est réservée au produit de type émulsion de la matière grasse dans l'eau dont les constituants, d'origine laitière, sont obtenus par des procédés physiques (Jeantet *et al*, 2008).

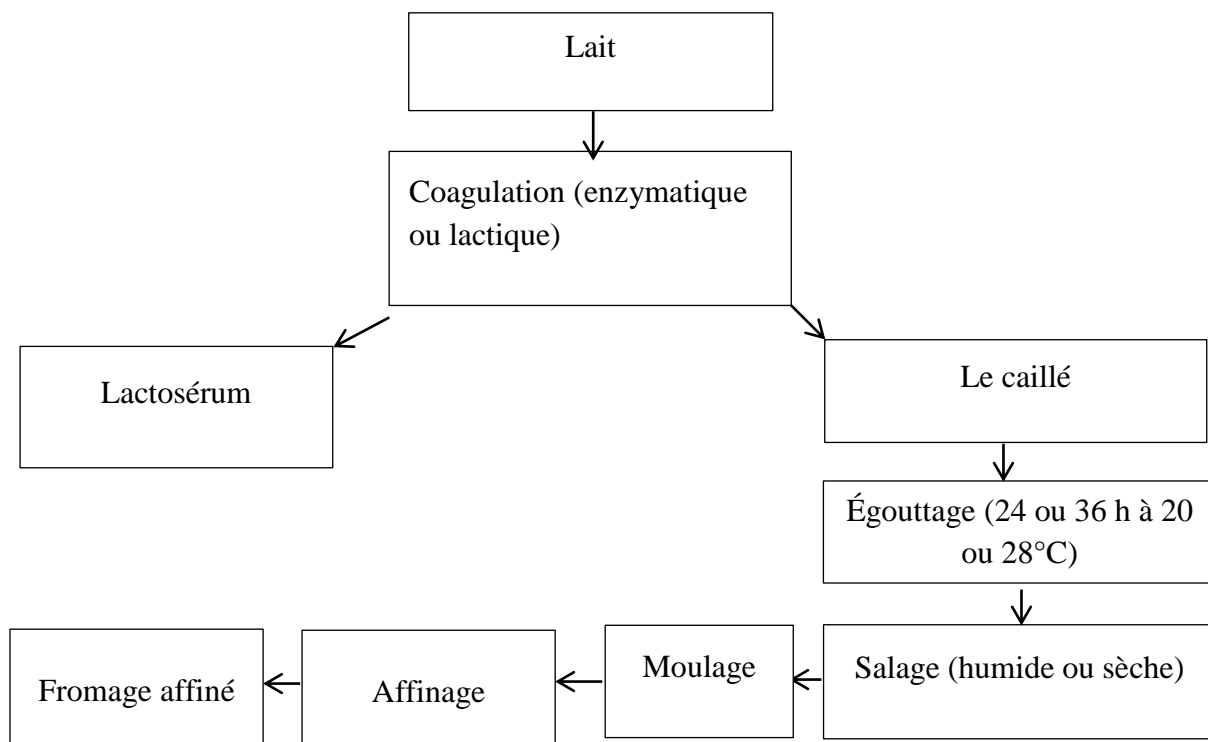
## II.2.5. Fromage

### II.2.5.1. Définition

La dénomination fromage est réservée aux produits fermentés ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières suivants : lait , lait partiellement ou totalement écrémé , crème , matières grasses, babeurre , utilisé seule ou en mélange et coagulé en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse .La teneur minimale en matières sèches de produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage (Joffin et Joffin, 2010).

### II.2.5.2. Fabrication de fromage

Selon Jéantet *et al.* (2008) la fabrication des fromages est réalisée par six grandes étapes (Figure N° 1).



FigureN°1. Schéma général de la fabrication de fromage

### II.2.5.3. Classification des fromages

#### II.2.5.3.a. Fromage frais

Les fromages frais sont des fromages à égouttage lent (**Bourgeois et al., 1996**)

Les fromages frais sont divisés en 4 classes :

**Le fromage blanc** : quand le fromage frais dit « blanc » est issue d'une coagulation naturelle par acidification du lait sous l'action des bactéries lactiques ambiantes (**Froc, 2006**).

**Le petit suisse** : le petit suisse est un fromage qui renferme au minimum 40% de matière grasse (**Lacerf, 2006**).

**Le fromage frais salé** : sa teneur en matière grasse varie entre 0% à 60% (**Fredot, 2008**).

**Les fromages à tartiner** : ce sont des spécialités à base de fromage frais ou de fromage blanc contenant divers ingrédients, ex : Saint- Mort (**Fredot, 2005**).

#### II.2.5.3.b. Fromages affinés

Les fromages affinés sont divisés en 6 classes :

✓ **Les pâtes molles**

**Les pâtes molles à croûte fleurie** (dont les fleurons sont les camemberts, coulommiers, brie, etc.).

Un duvet de moisissure, la « fleur » se développe à la surface pendant l'affinage.

**Les pâtes molles à croûte élavée** (parmi lesquelles les époisses, livarot, munster, ...etc.) dont la flore des goûts n'a d'égale que l'odeur (**Bourre, 2010**).

✓ **Les fromages à pâte persillée (moisissure internes)**

Le caillé est percé pour êtreensemencé, le champignon va alors se développer à l'intérieur du fromage (**Cauty.I et al, 2009**).

✓ **Pâtes pressées non cuites**

**A croûte moisie** : ex : Sainte-nectaire, Tomme de savoie.

**A croûte lavée** : le caillé est rincé pour diminuer l'acidité ce qui leur donne une saveur douce, puis moulage et égouttages. La pâte est dépourvue de trou (**Fredot, 2005**).

✓ **Le fromage à pâte pressée cuite**

Le lait de vache est emprésuré à une température d'environ 30°C. Le caillé découpé et brassé et à son tour chauffé à plus de 50°C. Serré dans une toile, placée dans un grand moule, il subit ensuite l'action d'une presse puissante (**Delpal, 2003**).

✓ **Les fromages fondus**

Le fromage fondu est constitué d'un mélange de fromages avec éventuellement d'autres produits laitiers (**Fredot, 2006**).

#### **II.2.5.4. Valeur nutritionnelle de fromage**

Le fromage peut presque remplacer le lait dans l'alimentation, bien qu'une partie des vitamines B et la grande partie du lactose soient entraînés avec le lactosérum.

Le fromage est généralement bien toléré et de digestion facile. Comme le lait, le fromage est indispensable pour la couverture des besoins en calcium et en protéines. La matière grasse du fromage est en outre riche en vitamines solubles dans les graisses (A, D, E, et K). La vitamine D étant indispensable pour l'assimilation du calcium (**Eck et al., 2006**).

## Chapitre II. Fromage fondu

### I. Définition

La dénomination " fromage fondu " est réservée au produit obtenu par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur (à une température d'au moins 70° C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison équivalente), de fromage ou d'un mélange de fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers. **(J.O.R.F, 2007)**.

### II. Technologie de fabrication des fromages fondus

La production des fromages fondus de qualité régulière nécessite une très bonne maîtrise, d'une part de la formulation des matières premières et des ingrédients et, d'autre part, des opérations du procédé d'élaboration **(Roustal et Boutonnier, 2015)**

#### II.1. Etapes de fabrication

##### II.1.1. Sélection de la matière première

Toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant l'utilisation quant à leur composition physico-chimique et bactériologique et leur caractéristique. **(Eck et Gillis, 1997)**. Parmi les matières premières utilisées :

##### II.1.1.1. Matière première laitière

- **Fromage naturel**

La réussite de la production de fromage fondu dépend de la qualité et du choix des fromages naturels. Il est possible d'utiliser une ou plusieurs variétés de fromage ou de mélanges de fromages de différents degrés de maturation **(Tamime, 2011)**.

- **Prefont**

Le préfont est le fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production et notamment au niveau du conditionnement **(Boutonnier, 2000)**.

- **Autre matières laitière**

Selon **Fox et al., (2000)**, le fromage n'est pas la seule matière première de fabrication de fromage fondu, d'autres matières premières laitières sont aussi utilisées. On peut citer, les concentrés protéiques laitiers, la poudre de lait, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, coprécipités, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre .

### II.1.1.2. Matière première non laitière

- **L'eau**

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 (**Boutonnier, 2000**).

- **Sel de fonte**

Les principaux sels utilisés pour la fabrication du fromage fondu sont les sels de l'acide phosphorique et de l'acide citrique (**Boutonnier, 2000**).

- **Additif alimentaire**

Selon le **codex alimentarius (2016)**, l'utilisation des additifs alimentaires est très nécessaire dans la fabrication de fromage fondu et parmi les additifs utilisés : les agents de sapidité, les sels émulsifiants, les colorants, les agents de texture et les conservateurs.

### II.1.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages

L'écroutage des fromages peut se faire par raclage, abrasion ou encore par jets d'eau ou de vapeur sous pression. Les fromages de grand format à pâte dure et le beurre sont découpés à l'aide de lames ou de couteaux. Cette découpe grossière est suivie 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 (**Richonnet, 2016 et Boutonnier, 2000**).

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières car il est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène (**Eck et Guillis, 1997**).

### II.1.3. Mélange, cuisson et fonte

Une fois le broyage est terminé, les ingrédients peuvent être pesés et mélangés dans un cutter-cuiseur, un pétrin-cuiseur ou un mélangeur en fonction de la taille de la ligne de production (**Roustel et Boutonnier, 2015**).

La cuisson et l'opération clef de la fabrication de 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 min, tout dépend de l'intensité de l'agitation ; la texture souhaitée de produit fini et ses caractéristiques de conservation (**Fox, 2000**).

### II.1.4. Homogénéisation

L'homogénéisation améliore la stabilité de l'émulsion de la matière grasse en diminuant la taille des globules gras, elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondu (Mayer, 1973).

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

### II.1.5. Stabilisation et traitement thermique

Deux possibilités s'offrent aux industriels une pasteurisation, ou une stérilisation. Le choix s'effectue en fonction de la qualité bactériologique des fromages mis en œuvre, du matériel à disposition et du type de produit fini (Richonnet, 2016). C'est la technique de l'**upérisation** qui a été utilisée : elle consiste en une injection de vapeur dans la pâte fondue liquide suivie d'un refroidissement par détente directe dans une enceinte sous vide partiel.

Les températures rencontrées s'échelonnent de 70°C pour des produits finis à pouvoir de refonte élevé, jusqu'à 140°C, voire 145°C, pour des fromages fondus tartinables (Boutonnier, 2000 et ; Richonnet, 2016).

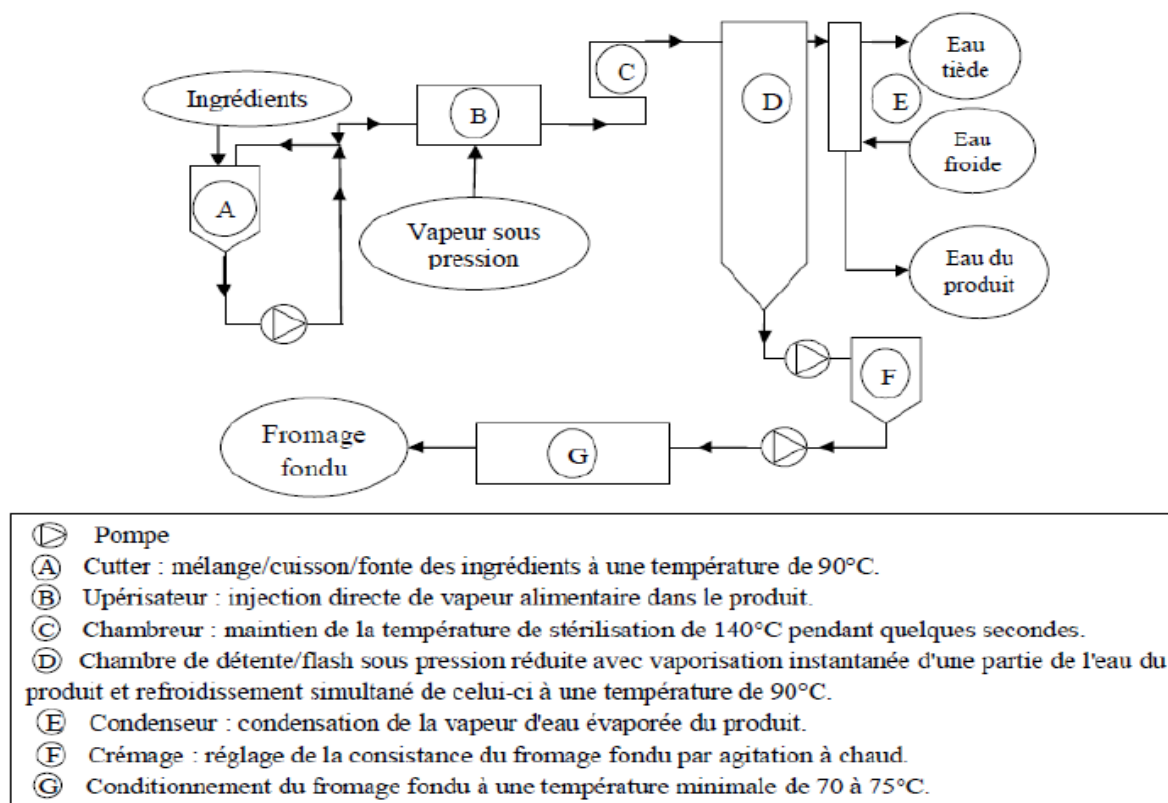


Figure N° 2. Principe du traitement de stérilisation UHT directe : upérisation.

### II.1.6. Conditionnement de fromage fondu

Le transfert de fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute re-contamination au conditionnement (**Mayer, 1973**).

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans des 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 (**Mayer, 1973**).

### II.1.7. Refroidissement

Dans la majorité des cas, le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) de la pâte. Cette vitesse de refroidissement varie avec la taille du produit et son système d'emballage (**Boutonnier, 2000**).

### II.1.8. Etiquetage

Selon le **codex alimentarius (2000)**, plusieurs notions doivent être mentionnées sur l'étiquetage : Le nom du produit doit être «Fromage fondu», déclaration de la teneur en matière grasse laitière, déclaration de la teneur en fromage, déclaration de la teneur en protéines du lait.

### II.1.9. Conservation

Le fromage fondu doit être conservé à une température comprise entre 5 ° C et 10 °C (**Hui, 2006**). 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**).

A des températures de stockage comprises entre 30 et 35°C, une contamination par les moisissures, les levures et *Clostridium botulinum* pourra survenir ce qui peut mener à une sécrétion des toxines (**Kautter et al., 1979 ; Eckner et al., 1994**).



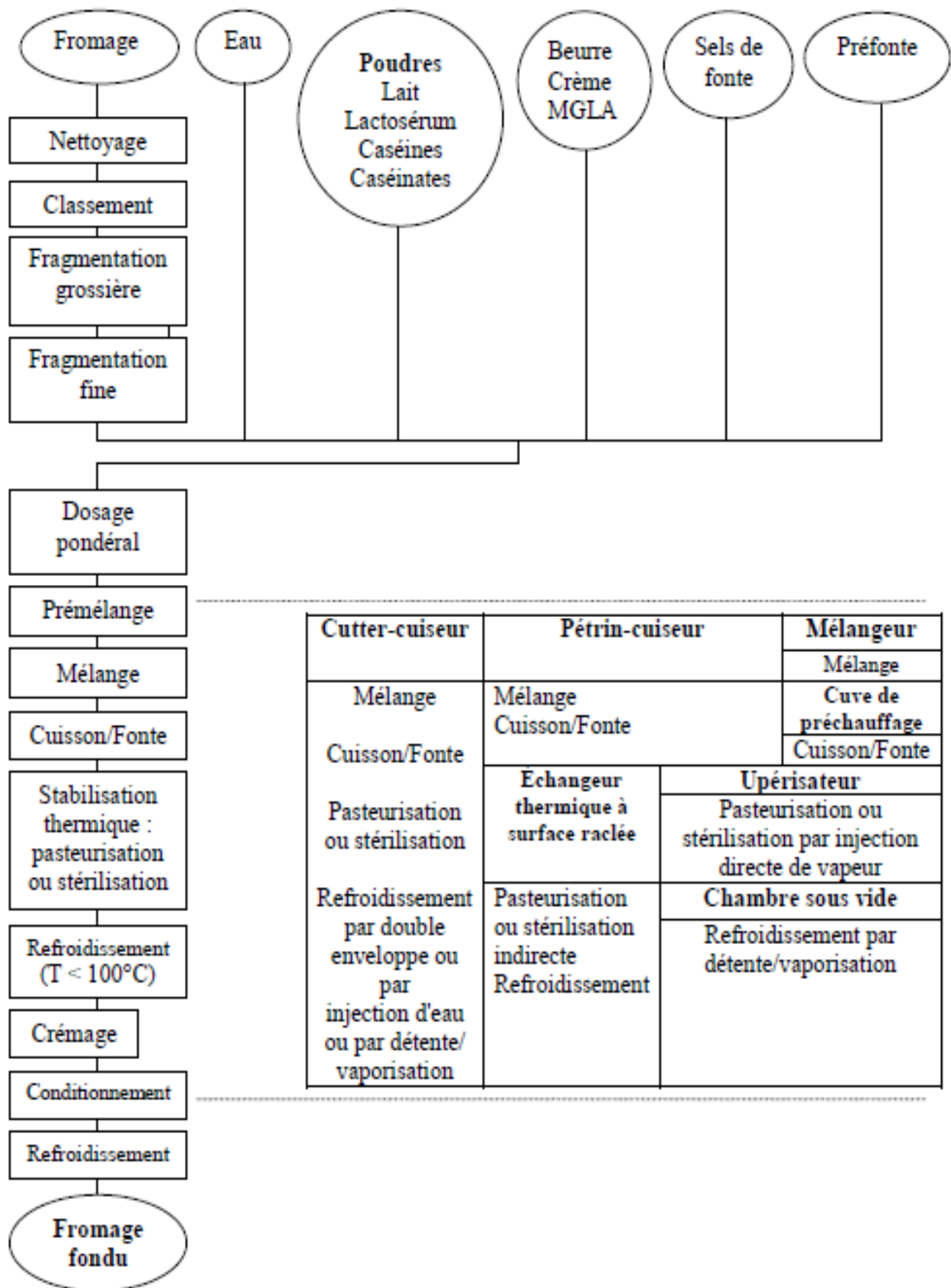


Figure 3. Principales voies de fabrication du fromage fondu (Guinee *et al.*, 2004).

### III. Phénomènes de la fonte

#### III.1. Peptisation

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

Après l'échange de calcium contre de sodium, les chaînes peptidiques sont en partie déroulées et dissociées, c'est le stade de peptisation (**Schäffer et al., 2001**).

#### III.2. Crémage

Le crémage est un phénomène physico-chimique caractérisé par l'absorption d'une quantité d'eau au niveau de chaque particule protéique, provoquant le gonflement et l'épaississement de la pâte et une modification de liaison chimique qui a lieu pendant le chauffage, le cambrage, le refroidissement et le stockage (**Luquet, 1987**).

#### III.3. Refroidissement

C'est au cours de cette phase que se produit la gélification. Le réseau protéique formé grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophobes et ioniques établies, va se structurer pour former un gel qui va emprisonner fortement la matière grasse émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation (**Bowland et al., 2001**).

### IV. Défauts de fabrication de fromage fondu

Les défauts de fabrication au moment de la fonte sont présentés dans le **tableau N°3**.

**Tableau N°3.** Défauts de fabrication de fromage fondu au moment de la fonte (**Berger et al., 1989**).

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

## V. Différents types de fromage fondu

Les fromages fondus peuvent être classés selon leurs compositions et leurs modes de conditionnements (**Luquet, 1987**).

- **Fromage fondu en bloc**

Est un fromage généralement sous forme de tranche, avec une teneur en humidité faible (40%), et un pH élevée (5.7-6.3). (**Ranken et al., 1997**)

- **Fromage fondu en coupe**

Moins ferme que le bloc mais non tartinable, il contient 3 ou 4 poids de moins de matière sèche (**Richonnet, 2016**).

- **Fromage fondu tartinable**

Le fromage fondu tartinable est un fromage doux, avec une teneur en humidité plus élevée (50%), et un pH faible (5.4-5.8) (**Ranken et al., 1997**)

- **Fromage fondu toastable (pour refonte)**

Fromage fondu toastable présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers, les croque-monsieur (**Boutonnier, 2000**).

- Fromage fondu thermostable

Le fromage fondu thermostable c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur (Boutonnier, 2000)

## VI. Composition chimique et valeur nutritionnelle du fromage fondu

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent (Tableau N° 4) (Hui, 2006).

Tableau N° 4. Composition moyenne de fromage fondu

Composants	contenu dans 100 g de fromage fondu	
	45 % de matières grasses dans le solide total	65% de matières grasses dans le solide total
<b>Eau</b>	51.3%	50.6%
<b>Matière grasse</b>	23.6%	30.4%
<b>Protéines</b>	14.4%	13.2%
<b>Sodium</b>	1.26mg	1.01 mg
<b>Potassium</b>	65.0mg	108.0 mg
<b>Calcium</b>	547.0mg	355.0 mg
<b>Phosphore</b>	944.0mg	795.0 mg
<b>Vitamine A</b>	0.30mg	-
<b>Vitamine D</b>	3.13µg	-
<b>Vitamine B<sub>1</sub></b>	34.0µg	40.0µg
<b>Vitamine B<sub>2</sub></b>	0.38mg	0.35 mg
<b>Acide pantothénique</b>	0.52mg	0.47 mg
<b>Vitamine B<sub>6</sub></b>	70.0 µg	80.0 µg
<b>Biotine</b>	3.60µg	2.80 µg
<b>Acide folique</b>	3.46µg	3.40 µg
<b>Vitamine B<sub>12</sub></b>	0.25µg	0.25 µg
<b>Vitamine C</b>	Traces	Traces
<b>Valeur énergétique (KJ/Kcal)</b>	1178/282 1125/268(=95%)	1490/339 1354/323(=95%)

## VII. Microbiologie du fromage

Sur le plan microbiologique, les germes recherchés pour l'analyse des fromages sont les suivant :

### ✓ **Mycobactéries**

*Mycobacterium bovis*, c'est l'agent de la tuberculose bovine, est aussi pathogène pour l'homme que *mycobacterium tuberculosis*. La contamination humaine se fait par absorption de lait de vache contaminé (mammites tuberculose) ou par voie aérienne (tuberculose pulmonaire des bovidés) (**Flandrois, 1997**).

### ✓ **Brucella**

Brucella est le germe responsable de maladie brucellose (**Maxim et al., 2008**). Les humains contractent les maladies par la consommation de lait cru et des fromages au lait cru (**Kristian et al., 2016**).

### ✓ **Listeria monocytogenes**

Listeria monocytogenes c'est une bactérie cryophile qui se multiplie au froid positif responsable chez les personnes fragiles (femmes enceintes, nourrissons, personnes âgées, personnes immunodéprimées) d'une maladie grave nommée la listériose (**Fredot, 2009**).

### ✓ **Staphylocoques dorés et streptocoque**

Staphylocoques dorés et streptocoque sont responsables d'infections transmises par des vaches souffrant de mammites (inflammation anormales des mamelles). Leur lait sera alors impropre à la consommation et ne sera pas collecté (**Fredot, 2009**).

### ✓ **Salmonella**

Les Salmonelles sont des bacilles à Gram négatif aéro-anaérobies facultatifs, appartiennent à la famille des *enterobacteriaceae* responsables des troubles pathologiques grave chez l'homme, de plus elles sont à l'origine des toxi-infections alimentaires fréquentes (**Bourgeois et al., 1988**).

### ✓ **Les bactéries coliformes**

Les coliformes appartiennent à la famille des entérobactéries, bactéries très fréquent dans l'intestin. Ils existent aussi dans l'environnement (**Joffin et Joffin, 2010**).

### ✓ **Clostridium sulfito-réducteurs**

Les clostridium sont des germes sporulés, la spore étant une forme thermorésistante. Sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, quelques espèces sont responsables des intoxications (**Guiraud, 2003**).

**✓ Levures et moisissures**

Les levures et les moisissures sont des champignons qui parfois participent au processus de maturation de nombreuses variétés de fromage. Beaucoup d'entre eux ont des activités lipolytiques et protéolytiques qui peuvent être associées à la production de divers composés volatils et des arômes typiques qui contribuent à la qualification de la variété du fromage. Mais il est à signaler qu'il existe des levures nuisibles responsables d'altération de la qualité marchande du fromage. Leur présence dans l'aliment est un indice de mauvaise pratique et de fabrication mal contrôlée (Vignola, 2002).

## I. Matériels

### I.1. Equipements du laboratoire (voir annexe).

### I.2. Matériel biologique

Tableau N° 5 : Gamme des échantillons analysés

Echantillons	marques	Le numéro du lot	Nombres de portions sur l'emballage	Date d'achat	Lieu d'achat
ECH 1	La vache qui rit	42805	8	07/05/2018	Centre de Jijel
ECH 2	Super portion	052	16	07/05/2018	Centre de Jijel
ECH 3	Bravo	13	16	16/05/2018	Emir Abd el Kader
ECH 4	Dialna	S 126	16	15/05/2018	Emir Abd el Kader
ECH 5	Cheezy	18095	16	07/05/18	Centre de Jijel

## II. Méthodes

### II.1. Echantillonnage

On a choisi cinq marques de fromage fondu en portion, prélevé de différent points de wilaya de Jijel (El-emir Abdelkader et Jijel centre). Le prélèvement de gamme des échantillons est réalisé au hasard et dans des conditions de vente normales. Nos analyses microbiologiques et physicochimiques sont réalisées dans le laboratoire du contrôle de qualité de l'université de Jijel, sauf l'extraction de matière grasse qui est réalisé dans le laboratoire de la laiterie « IJILI».

### II.2. Analyse microbiologique de fromage fondu

L'objectif de l'analyse microbiologique des aliments est de quantifier et d'identifier les germes pouvant présenter un danger pour la santé de consommateur.

#### II.2.1. Préparation de la solution mère

Après désinfection de l'emballage par l'alcool (90%), nous avons pesé 10 g de l'échantillon que nous avons dilué dans 90 ml de l'eau physiologique. Le diluant peut être préchauffé à 40 °C si une suspension homogène ne peut pas être obtenue même après broyage. Cette suspension constitue alors la solution mère qui correspond à la dilution  $10^{-1}$  (1/10) (JORA N°74, 2017).

On introduit aseptiquement 1ml de la solution mère dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de diluant (eau physiologique), on obtient alors la dilution  $10^{-2}$  (1/100).

### **II.2.2.Dénombrement de la flore aérobie mésophile**

#### ➤ **Technique**

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme.
- On porte aseptiquement 1ml de la dilution  $10^{-2}$ , et on le met dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage.
- On coule aseptiquement le milieu PCA maintenant en surfusion à la température la plus basse possible afin de ne pas tuer de bactéries (45°C) et on homogénéise en imprimant à la boîte des mouvements circulaires (en 8), et on laisse solidifier le mélange sur la paillasse.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 h. (deux boîtes sont préparées pour chaque dilution) (Joffin *et al*, 2010).

#### ➤ **Lecture**

- la charge microbienne obtenue est prise en compte uniquement sur un intervalle compris entre 30 à 300 au maximum.

### **II.2.3.Recherche et dénombrement des coliformes**

#### **II.2.3.1.Les coliformes totaux**

#### ➤ **Technique**

- On Introduit 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  dans une boîte de pétri
- On verse le milieu **VRBL (ou Désoxycholat)** préalablement fondu dans la boîte ensemencé jusqu'à l'épaisseur de 4 mm, puis on mélange par des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout.
- L'incubation se fait 24h à 37 °C

#### ➤ **Lecture**

Toutes les colonies violacées (bactéries lactose+) d'un diamètre minimum de 0.5mm en 24 heures sont considérées comme étant des colonies de coliformes (Joffin *et al*, 2010).

#### **II.2.3.2.Les coliformes thermo tolérants**

#### ➤ **Technique**

- On Introduit 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  dans une boîte de pétri
- On verse le milieu **VRBL (ou Désoxycholat)** préalablement fondu dans la boîte ensemencé jusqu'à l'épaisseur de 4 mm, puis on mélange par des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout.



- L'incubation se fait 24h à 44 °C .

➤ **Lecture**

Après 24 h d'incubation, les colonies caractéristiques sont violacées, d'un diamètre supérieur ou égal à 0,5 mm et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile (**Joffin et al., 2010**).

#### **II.2.4. Recherche de *Clostridium* sulfito-réducteur**

➤ **Technique**

-Un tube contenant 5 ml de la solution mère est porté au bain marie à 80°C pendant 10 min pour réduire la sporulation.

-On Refroidit par l'eau de robinet. On Complète à 20 ml avec le milieu VF puis on ajoute quelques gouttes d'huile de vaseline (nous utilisons l'huile à immersion) pour créer un milieu anaérobie.

-L'incubation se fait à 46 °C pendant 24 h.

➤ **Lecture**

Apparition des grosses colonies noires (**Joffine et Joffine, 2010**)

#### **II.2.5. Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

➤ **Technique**

On coule le milieu Sabouraud préalablement fondu dans les boîtes de pétrie, à l'aide d'une pipette pasteur on aensemencé 0.1 ml de la solution mère et on fait un étalement à la surface du milieu.

➤ **Lecture**

- Des colonies lisses et rondes indiquent la présence des levures.

- Des colonies filamenteuses indiquent la présence des moisissures.

#### **II.2.6. Recherche et dénombrement des staphylocoques**

La recherche des staphylocoques est réalisée selon la méthode décrit par **Guiraud (2003)**.

➤ **Technique**

-Au moment de l'emploi, on ouvre aseptiquement le flacon de 225 ml contenant le milieu Giolitti Cantoni pour y ajoute 15 ml de la solution de Téliurite de potassium. On mélange soigneusement. Le milieu est alors prêt à l'emploi.

-Dans un tube stérile on a porté aseptiquement 15 ml de milieu d'enrichissement puis on ajoute 1 ml de la dilution  $10^{-1}$ .

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

➤ **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir.

➤ **Isolement**

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur milieu gélose Chapman préalablement fondu, coulée en boîtes de pétri et bien séchée. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48h.

➤ **Lecture**

-Les colonies sont de taille moyenne lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

### II.2.6.1. Identification biochimique

#### II.2.6.1.a. Coloration de Gram

➤ **Technique**

##### Préparation du frottis

- Sur une lame dégraissée, on dépose une goutte d'eau physiologique stérile, puis on étale une colonie prélevée de la gélose nutritive et on laisse séchée.
- On fixe les frottis on le passant légèrement sur la flamme du bec bunsen.

##### Coloration de Gram

- On recouvre le frottis par le violet de gentiane pendant 1min puis on lave avec l'eau.
- On ajoute le lugol et on laisse réagir pendant 1 min et on lave avec l'eau.
- On coule pendant quelques secondes de l'alcool à 95° jusqu'à écoulement incolore.
- On rince à l'eau et on égoutte
- On Recouvre la lame par la fushine pendant 30 seconds
- On lave abondement et on sèche entre deux feuilles absorbantes.
- On observer au microscope (objectif 100) (**Joffin, 1999**).

➤ **Lecture**

Couleur rose : Gram –

Couleur violée : Gram +

#### II.2.6.1.b. Test catalase

- On dépose sur une lame de verre dégraissée 2 gouttes d'eau oxygénée.

- On prélève une colonie bactérienne, à partir de la gélose nutritive, à l'aide d'une anse de platine stérile.

- On dissocie la culture dans la goutte d'eau oxygénée (Coiffier *et al.*, 1997).

➤ **Lecture**

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

**II.2.6.1.c. Test coagulase (modifié)**

- À l'aide d'un fil stérile, on prélève une partie de chaque colonie sélectionnée et on ensemence dans un tube ou dans un flacon de bouillon cœur-cerveille.

- On ajoute aseptiquement 0,1 ml de chaque culture à 0,3 ml de plasma de lapin (dans notre cas on utilise le plasma de l'homme).

- L'incubation se fait à 35° C ou à 37° C

- On inclinant le tube, on peut évaluer la coagulation du plasma

- Après 4 h à 6 h d'incubation et, si le test est négatif, on réexamine après 24 h d'incubation (JORA N°68, 2014).

➤ **Lecture**

-Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus de la moitié du volume initialement occupé par le liquide.

**II.2.7. Recherche et démembrement des entérobactéries**

➤ **Technique**

- On Introduit 1 ml de la dilution 10<sup>-1</sup> dans une boîte de pétri

- On verse le milieu VRBG préalablement fondu dans la boîte ensemencé jusqu'à l'épaisseur de 4 mm, puis on mélange par des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;

- L'incubation se fait 24h à 37 °C (Joffin *et al.*, 2010).

**II.2.8. Recherche de salmonella**

➤ **Mode opératoire (modifié)**

Il est présenté comme suit :

➤ **Pré enrichissement**

On incube la suspension mère à 37 °C ± 1 °C 24h.

➤ **Enrichissement**

- On transfère 1 ml de la culture obtenue à partir de la solution mère dans un tube contenant 10 ml de bouillon nutritif (à place de SFB).
- On incube le bouillon nutritif ensemencé à 37 °C pendant 24 h.
- lorsqu'on observe un trouble dans le tube, on fait l'isolement sur la gélose Hecktoen.

➤ **Isolement**

A partir de la culture obtenue dans le bouillon nutritif après 24 h ± 3 h d'incubation, on ensemence avec une anse de platine par des stries sur la surface d'une boîte de Pétri contenant le milieu d'isolement sélectif (gélose Hektoen) (JORA N° 44, 2017).

### II.2.8.1. Identification biochimique

**II.2.8.1.a. Coloration de Gram** méthode décrite en (II.2.6.1.a).

**II.2.8.1.b. Teste catalase** méthode décrite en (II.2.6.1.b).

#### II.2.8.1.c. Déterminer le type respiratoire

➤ **Technique**

- Nous régénérons deux tubes de milieu MEVAG par chauffage aux bains-marie puis additionnés de glucose puis solidifiés.
- L'ensemencement se fait par pique centrale : un tube est incubé en aérobiose et l'autre en anaérobiose réalisée par dépôt d'une couche de vaseline stérile sur le milieu.

➤ **Lecture**

Les germes donnent en général les réactions indiquées dans le tableau 5.

**Tableau N° 6: Interprétation des essais**

MEVAG + Vaseline	MEVAG sans Vaseline	Métabolisme emprunté
Jaune	Jaune	Fermentaire
Jaune en surface	Jaune en surface	Aérobies
Rouge	Jaune	Oxydatif
Rouge	Rouge	Inerte

#### II.2.8.1.d. Mise en évidence d'une « respiration aérobie » : Réduction des nitrates en nitrites

➤ **Technique**

Au bouillon de nitrate ensemencé, on ajoute 4 gouttes du réactif 1(acide sulfanilique) puis 4 gouttes du réactif 2(alpha-naphtylamine).

**➤ Lecture**

- Si la coloration rose apparaît : la bactérie possède la Nitrate réductase.
- Si le milieu reste incolore :
  - ✓ soit les nitrates n'ont pas été réduits
  - ✓ ou bien ils ont été transformés en Nitrites puis en Azote.

L'addition d'un réducteur comme la poudre de zinc permet de différencier ces deux voies :

- ✓ Si le milieu devient rose : les Nitrates sont présents donc la bactérie ne possède pas la Nitrate réductase.
- ✓ Si le milieu reste tel quel : les nitrates ont été réduits en Nitrites puis en azote ammoniacal donc la bactérie possède la nitrate réductase (**Guiraud, 2004**).

**II.2.8.1.e. Etude du métabolisme glucidique****➤ Technique**

- A partir de la suspension bactérienne, on aensemencé à l'aide d'une pipette pasteur stérile le milieu TSI (Tri-Sugar-Agar). Par des stries sur la pente et par une piqure centrale au culot.
- Ne serrer pas complètement le tube
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

**➤ Lecture**

- Si le culot est jaune : la bactérie est Glucose(+)
- Si la pente est jaune : la bactérie est lactose (+)
- S'il y a noircissement au milieu du tube : la bactérie est H<sub>2</sub>S(+).
- S'il y a présence d'une ou plusieurs poches de gaz : la bactérie est Gaz(+) (**JORA N°44, 2017**).

**II.2.8.1.f. Mannitol Mobilité****➤ Technique :**

- On ensemence la colonie à étudier dans un bouillon nutritif, et incubé à 37°C pendant 24h.
- On ensemence la suspension par piqure centrale unique.
- L'incubation se fait à 37°C/24h.

**➤ Lecture**

- Si le milieu prend une coloration jaune : la bactérie est mannitol (+).
- Si le milieu reste rouge : la bactérie est mannitol(-)
- Si la bactérie est mobile, elles se disperseront à partir de la piqure d'ensemencement créant un trouble dans le milieu, sinon la bactérie est mobilité (-) (**Coiffier et al., 1997**).

### II.2.8.1.g. Recherche du citrate perméase

#### ➤ Technique

- A partir d'une colonie caractéristique, on ensemence le milieu (citrate de Simmons) en surface par des stries.

- Incubation se fait à 37°C/24h.

#### ➤ Lecture

- Si le milieu de culture vire au bleu : les bactéries sont pourvues d'un citrate perméase.

- Si le milieu reste jaune vert : les bactéries n'ont pas pu se développer, elles ne synthétisent pas le citrate perméase.

### II.2.8.1.h. Test du Rouge de méthyle et test de Voges proskrover

#### ✚ Teste du RM

##### ➤ Technique

- 1ml de milieu de culture (Clark et Lubs) est ensemencé et incubé 24 h à 37°C.

Puis on ajoute quelques gouttes du réactif RM.

##### ➤ Lecture

- Si le milieu prend une coloration rouge : la réaction est RM-.

- Si le milieu reste jaune : la réaction est RM-.

#### ✚ Test du VP

- 1ml de milieu de culture (Clark et Lubs) est ensemencé et incubé 24 h à 37°C.

- Puis on ajoute 0.5ml de la solution naphthol et 0.5ml de la solution de soude.

- On agite le tube dans lequel se déroule la réaction afin de favoriser l'oxydation par l'aire. Le temps de réaction est 15min.

##### ➤ Lecture

- Si une coloration rouge violacée apparaît en surface : la réaction est VP+.

- Si aucune réaction n'apparaît : la réaction est VP- (**JORA N°44, 2017**).

### II.2.8.1.i. Teste de dégradation de l'urée

#### ➤ Technique

- A partir d'une suspension bactérienne, on a ensemencé le milieu (Urée Indole).

- L'incubation se fait à l'étuve à 37°C/24h.

- Après incubation, on ajoute 1 ml du réactif de Kovacs.

#### ➤ Lecture

-Formation d'un anneau rouge: indole +

-Absence de coloration rouge: indole – (**JORA N°44, 2017**).

### II.2.8.1.j. Teste de métabolisme des acides aminés (décarboxylation)

Les acides aminés étudiés sont Lysine, Ornithine et Arginine.

#### ➤ Technique

- A partir de la suspension bactérienne, on introduit dans le milieu MOLLER- FALKOW quelque goutte de la suspension et les recouvrir d'une couche de l'huile de vaseline.
- L'incubation se fait à  $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}/24\text{ h}$ .

#### ➤ Lecture

- L'apparition d'une turbidité et d'une couleur violette après incubation indique une réaction positive
- L'apparition d'une couleur jaune indique une réaction négative (Coiffier *et al.*, 1997).

## II.3. Analyse physicochimique

### II.3. 1.Mesure de pH

#### ➤ Technique

- Selon Larpent *et al.* (1997), cette mesure est effectuée à l'aide d'un pH mètre.
- On dispose 10g de fromage dans 100ml d'eau distillée, puis on plonge l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et on mesure directement le pH avec la correction de la température.

### II.3.2. Détermination de l'acidité Dornique

#### ➤ Principe

La détermination de l'acidité Dornique est effectuée selon la méthode décrit par Larpent *et al.* (1997).

L'acidité de fromage fondu est dosée à l'aide d'une solution de NaOH N/9 en présence de phénolphthaléine comme indicateur de la couleur.

#### ➤ Technique

- On dispose 10g de fromage dans 100 ml d'eau distillée, et on prend 10 ml de cette solution et on ajoute 3à5 goutte de phénolphthaléine.
- On titre avec NaOH N/9 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pale.

L'acidité dornique est donnée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (°D)} : 10 * V_{\text{NaOH}}$$

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

### II.3.3. Mesure de l'extrait sec (ES)

La détermination de l'extrait sec réalisé selon la méthode décrite par **JORA N° 25 (2014)**.

#### ➤ Principe

La méthode utilisée est la méthode officielle par dessiccation dans un étuve à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  jusqu'à un poids constant, soit environ pendant 15h.

#### ➤ Technique

- On place 20g de sable dans un creuset et étuvé pendant 5h à  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- On mélange 5g de fromage avec le sable à l'aide d'une spatule. Puis placé à l'étuve  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 3h jusqu'à poids constant.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, nous le pesé à nouveau.

L'extrait sec correspond à :

$$\text{ES}\% = (m_2 - m_0 / m_1 - m_0) * 100$$

- $m_0$  : la masse en gramme de creusé avec le sable
- $m_1$  : la masse en gramme de fromage avec le sable avant l'étuvage.
- $m_2$  : la masse en gramme de fromage avec le sable après l'étuvage.

### II.3.4. Détermination de la teneur en matière minérale

La détermination de la teneur en matière minérale est effectuée selon la méthode décrite par **Lecoque (1965)**.

#### ➤ Mode opératoire

-On place 10g de fromage dans un creuset séché, taré et placé dans le four à moufle où l'incinération se fait à une température voisine de  $450^{\circ}\text{C}$ - $500^{\circ}\text{C}$ . L'incinération est poursuit pendant 4h.

La teneur en matière minérale peut être calculée par la formule suivante :

$$\text{MM}(\%) : x/y * 100$$

**MM** : matière minérale.

**x** : poids de l'échantillon en gramme après l'étuvage.

**y** : poids de l'échantillon en gramme avant l'étuvage.



### II.3.5. Détermination de la teneur en matière organique

La détermination de la teneur en matière organique est effectuée selon la méthode décrite par **Lecoque (1965)**.

- Elle est déterminée à partir des résultats de la matière sèche et minérale.

On applique la formule suivante :

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

**MO** : matière organique

**MS**: matière sèche

**MM** : matière minérale

### II.3.6. Détermination du taux d'humidité

La détermination de la teneur en humidité est effectuée selon la méthode décrite par **Berger et al. (2004)**, basé sur le résultat de la matière sèche, et en appliquant la formule suivante :

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

H : taux d'humidité

MS : matière sèche

### II.3.7. Le teste d'amidon

#### ➤ Mode opératoire

-On ajoute un 1g de fromage fondu dans un tube, et on ajoute 20ml d'eau distillée, on a mélangé la solution à l'aide d'une spatule, et ensuite on a ajouté 0.1ml de la solution d'iode.

#### ➤ Expression des résultats

- Si la couleur est bleu : présence d'amidon (teste +)
- Si la couleur est jaune : absence d'amidon (teste -) (**Toubol, 1956**).

### II.3.8. Détermination de la teneur en matière grasse

#### ➤ Technique

-Nous avons pesé 3g de fromage, et on introduit dans un butyromètre de **Van Gulik**.

- On ajoute 10 ml d'acide sulfurique ( $d=1,522\pm 0,005$ ) et 1 ml d'alcool iso-amylque. On agite énergiquement le butyromètre jusqu'à la dissolution complète des protéines de fromage, en fin le mélange est centrifugé pendant 10 min.

**➤ Lecture**

La teneur en matière grasse déterminé par lecture directe sur l'échelle du butyromètre (**JORA N° 10.96.14**).

**II.3.9. Analyse chromatographique des esters méthyliques d'acides gras (CPG)****➤ Préparation des esters méthyliques**

- Dans un tube avec bouchon à vis on introduit une masse voisine de 20 mg de matière grasse et 0.5 ml d'heptane puis on agite.
- puis on additionnée 0.2 ml de NaOH à 2 mol/L dans le méthanol.
- on Porte le mélange au bain thermostat à 60 °C pendant 30 s à 1 min puis agiter 10 s.
- puis on ajoute 0.2 ml de l'HCl à 2 mol/L puis agitons et transvasons dans un tube en verre et laisse décanter.
- on prélève 100 µl de la phase supérieure et le mettre dans un tube en verre et faisons évaporer en milieu ventilé.
- Reprendre par 50 µl d'heptane.

La **séparation des acides gras** est réalisée à l'aide d'une chromatographie phase gazeuse couplé avec une spectrométrie de masse (**CG-SM**) (**Shimadzu**) (**Kim et al., 2013**).

**✓ Condition de la méthode**

**Appareille :** CG, Shimadzu QP2010 de type EI 70ev quadripole

- **Colonne :** OV1701 (25 cm)
- **Bibliothèque :** Nist 05
- **Gaz vecteur :** He
- **Volume injecté :** 1µl
- **Température d'injection :** 250°C
- **Pression :** 50.1 kpa

**Appareille :** SM

- **Scan m/z :** 40 à 350
- **Délai d'allumage :** 2 min
- **Température d'interface :** 250°C

**II.3.10. Dosage des minéraux**

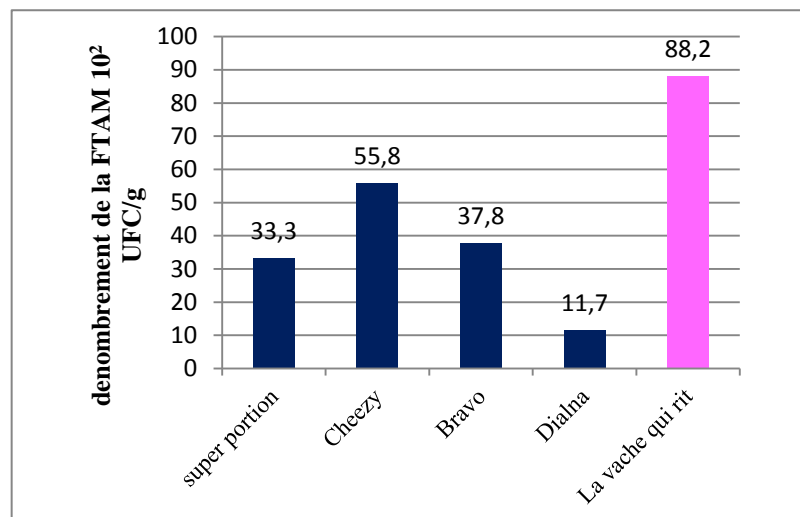
La technique de digestion humide et totale consiste à peser 1g de fromage fondu, lui ajouter un mélange de 6ml d'acide chlorhydrique (HCl) et 2 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>), à chaud (100 °C pendant 1 heure). Après évaporation quasi-totale, ajouter à chaud à 100 °C une autre quantité d'eau régale (12 ml). Lorsque tout le solide a disparu, évaporer l'excès d'acide, et introduire 5 ml d'eau déminéralisée afin de solubiliser les métaux et ajuster à 25 ml (**Hoenig et de Kersabiec, 1996**).

## Chapitre II. Résultats et discussion

### I. Contrôles microbiologiques

#### I.1. La flore totale aérobie mésophile

Le dénombrement de la flore totale dans les cinq marques de fromage fondu montre que leurs nombre varie entre une valeur maximale de  $88,2 \cdot 10^2$  UFC /g qui a été retrouvée dans le fromage fondu de marque « la vache qui rit » et une valeur minimale  $11,7 \cdot 10^2$  UFC /g retrouvée dans le fromage fondu de marque «Dialina». Des valeurs intermédiaires ( $33,3 \cdot 10^2$  UFC /g,  $37,3 \cdot 10^2$  UFC /g et  $55,8 \cdot 10^2$  UFC /g) ont été retrouvées pour les marques « Super portion », « Bravo » et « Cheezy » respectivement (**Figure N°4**).



**Figure N°4.** Variation du niveau de contamination par la flore totale mésophile dans les échantillons de fromage fondu.

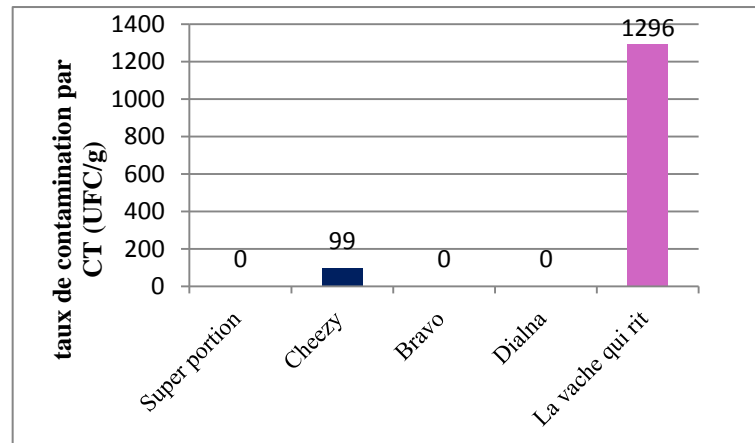
Le dénombrement de la flore totale mésophile reflète la qualité microbiologique en général d'un produit alimentaire et permet d'en suivre l'évolution, les nombres des germes totaux pourra donner une indicateur de l'état de fraîcheur ou de l'état de décomposition des produits : il peut aussi dans certains cas constituer un indicateur de la qualité sanitaire (**Zárate et al, 1998 ; Guiraud, 2003**).

Selon **Iurlina (2004)**, des chiffres égaux ou supérieurs à  $109 \text{ UFC / g}$  ne sont pas satisfaisants du point de vue de l'hygiène alimentaire. Néanmoins, des dénombrements de  $109 \text{ UFC / g}$  sont mentionnés comme nombres réalistes de bactéries aérobies mésophiles des fromages affinés naturels. Nos résultats montrent des valeurs de la FTAM supérieure aux valeurs tolérées.

## I.2. Recherche et dénombrement des coliformes thermo tolérants

### I. 2.1. Les coliformes totaux

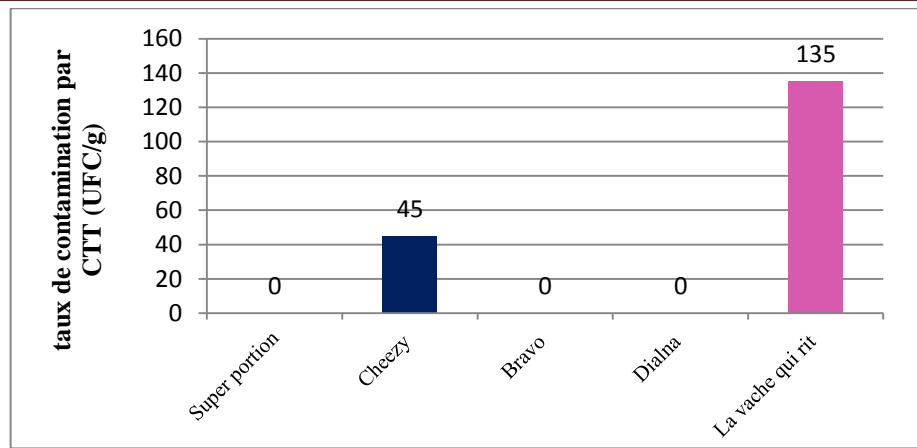
La charge en coliformes totaux retrouvés sont variable entre absence total de ces germes dans les marques « Super portion » « Dialna » et « Bravo », une présence de ces germes dans les normes pour la marque « Cheezy » ( $0,99.10^2$ UFC/g), alors que la marque « la vache qui rit » révèle la présence de coliformes totaux avec une charge beaucoup plus élevé ( $12,96.10^2$  UFC/g) et par rapport à la norme rapporté par **JORA , 2000** qui à fixé une valeur de 10 à 100 UFC/g de produit (**FigureN° 5**).



**FigureN° 5.** Variation du niveau de contamination moyenne par les coliformes totaux entre cinq échantillons de fromage fondu.

### I.2.2. Les coliformes thermotolérants

On constate une absence totale de ces germes dans les marques « Super Portion » « Bravo » et « Dialna » et des valeurs élevés de 47 UFC/g et  $1,39.10^2$  UFC/g pour les marques « Cheezy » et « La vache qui rit » respectivement (**FigureN°6**).



**Figure N°6.** Variation du niveau de contamination par les coliformes thermo tolérants dans les échantillons de fromage fondu.

Selon **JORA (2000)** la valeur des coliformes thermo tolérant dans les fromages fondus est fixée entre 1 et 10UFC/g ce qui indique que les marques « Cheezy » et « La vache qui rit » ne sont pas conforme avec cette norme.

L'habitat normale des coliformes est le tube digestif des mammifères, mais certaines espèces peuvent résistés aux variation du milieu environnemental et par conséquent survivre hors le tractus intestinal (**Jeantet et al., 2006**)

Un nombre élevé de coliformes est un indicateur de contamination fécale, des conditions et des pratiques inappropriées d'hygiène au cours de l'emballage, du stockage et du transport des fromages fondus entre les points de fabrication et les points de vente(**Hydria, 2012**).

Certains chercheurs utilisent les coliformes comme un indice d'assainissement et de la sécurité microbiologie des produits laitiers tel que les fromages, en particulier produits non pasteurisés. Les résultats les plus élevées des coliformes associer à l'état de pasteurisation (les niveaux de coliformes dans les produits pasteurisés étaient significativement inférieur à ceux des produits non pasteurisés) (**Kim et al., 2018**).

La teneur élevée en matière grasse dans les fromages fondus peut être à l'origine d'une protection contre le traitement thermique, ce qui implique la diminution de l'efficacité des traitements thermiques et qui peut justifier la présence des coliformes dans ce produit même après leur stérilisation (**Belli et al., 2013**).

### I.3. Recherche des *Clostridium sulfito-réducteur*

Les résultats de recherches de *clostridium* sont représentés dans le tableau N°7.

**Tableau N°7** : Résultats obtenus de la recherche de clostridium

Echantillon	Super portion	Chezy	Bravo	Dialna	La vache qui rit
Résultats des <i>Clostridium</i> (UFC/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

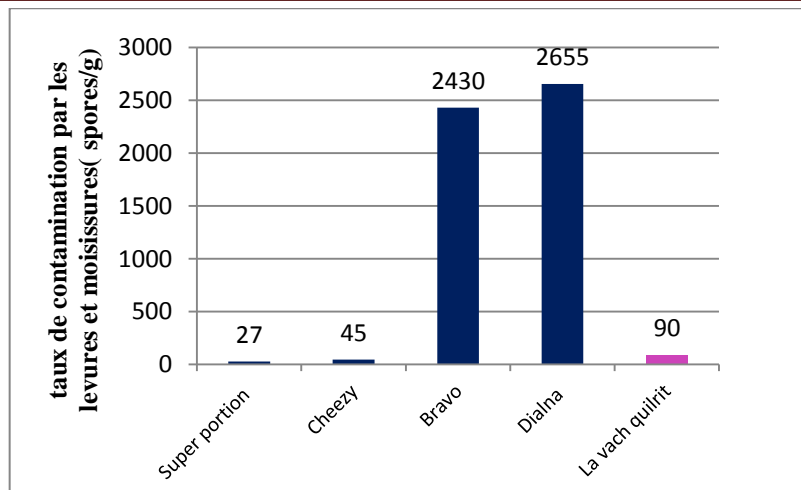
Les résultats de la recherche des *clostridiums* dans les cinq échantillons de fromage fondu sont en accord avec la norme de **JORA 2004** qui précise l'absence totale de ces germes dans ce type de fromage.

Les *clostridiums* sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, ils sont des contaminants de nombreux produits alimentaire comme l'eau, le lait, la viande et aliments fermentés ou congelés et surtout conserves alimentaires (**Guiraud, 1998**). Ils sont de plus considérés comme teste de contamination fécale éventuellement ancienne et peuvent être à l'origine d'intoxination grave voir même mortelles (**Joffin et Joffin, 1999**).

Le fromage fondu pendant sa fabrication passe par un traitement thermique très fort ce qui provoque la destruction de la plupart des microorganismes pathogènes même les spores résistantes à la température telle que *Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium sporogenes* (**Hydria et al., 2012**). Les produits stérilisés ont une activité hydrique plus élevée, ce qui nécessite la sécurité supplémentaire des conditions de traitement à haute température pour éliminer la principale menace de spores clostridiales qui peuvent germer et croître pendant la durée de conservation si le produit n'est pas réfrigéré (**Tamin, 2011**).

### I.4. Les levures et moisissures

Le dénombrement des levures et moisissures révèle une tendance de variabilité importante dans les différentes marques des fromages fondu analysés , en effet elle est située entre 27 spores/g et  $26,55 \cdot 10^2$  spores / g avec une moyenne de  $13,41 \cdot 10^2$  spores/g. Les marques « Dialna » et « Bravo » présentent les charges les plus élevés (**Figure N°7**).



**Figure N°7.** Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage fondu.

Les levures comme les moisissures, sont également des microorganismes naturellement présents dans les écosystèmes laitiers et fromagers et sont utilisés massivement et volontairement dans de nombreuses technologies fromagères (Zagorec, 2013).

La dégradation d'aliment causé par des levures peut être un indice de la présence d'autres microorganismes pouvant être pathogènes. Elle est certainement un indice de mauvaise pratique et de fabrication mal contrôlée (Vignola, 2002).

Certaines moisissures sont toxigènes et libèrent dans les aliments des mycotoxines qui représentent un grave danger de point de vue sanitaire tel est le cas de certaines espèces du genre comme *Aspergillus flavus* (Guiraud, 2003).

### I.5.Recherche et dénombrement des Staphylocoques

**Tableau N°8.** Résultats obtenus de la recherche des staphylocoques

Echantillons	Super portion	Cheezy	Bravo	Dialna	La vache qui rit
Nombre des staphylocoques 10. UFC/g	2	Absence	2	3	absence

D'après nos résultats, on observe que ces germes sont absentes dans les marques « Cheezy » et « la vache qui rit » par contre pour les marques « Super portion » « Bravo » « Dialna » où les staphylocoques sont présents mais par une valeur très faible varié entre 20 et 30 UFC/g

La contamination des échantillons « Super portion » « Bravo » « Dialna » est probablement due aux mauvaises conditions de manipulation au cours des analyses et d'hygiène de laboratoire



Selon **Guiraud (1998)**, le nombre de staphylocoque nécessaire pour qu'il y'a danger d'intoxication est de l'ordre de  $10^5$  à  $10^6$  germes par gramme. et par comparaison avec notre résultats on constate que les cinq marques sont conformes.

### I.5.1. Identification Biochimique

**Tableau N° 9.** résultats des essais biochimiques des staphylocoques

Echantillons \ Test	Super portion	Bravo	Dialna
Catalase	+	+	+
Coagulase	-	+	+
Gram	+	+	+

Les résultats de l'identification biochimique montre que les staphylocoques présents dans les échantillons « Dialna » et « Bravo » sont des *Staphylococcus aureus*, Coagulase+

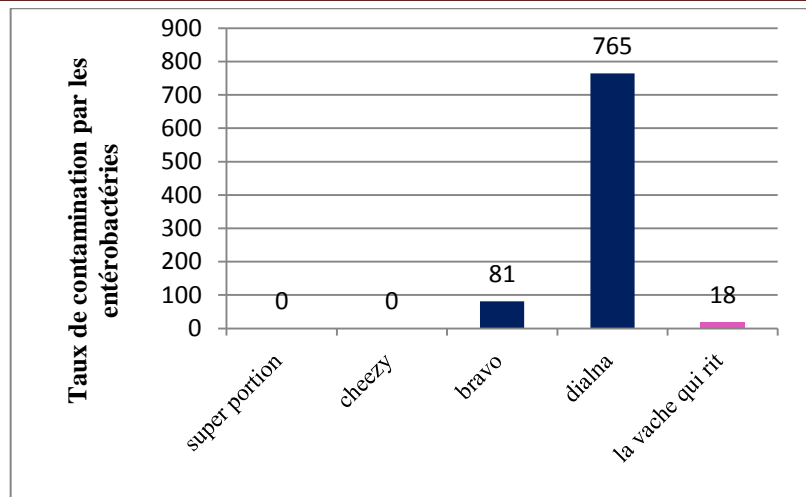
Les *Staphylococcus aureus* a coagulase + dits pathogènes sont responsable de la production de certaines enterotoxines et de superantigènes et qui sont des toxines parfois mortelles, mais certains Staphylocoques coagulase- sont aussi synthétisent des enterotoxines (**Ait Abdelouahab, 2008**).

La contamination des aliments par *Staphylocoques* enterotoxinogènes d'origine animal se fait surtout au cours de fabrication ou ultérieurement par les manipulateurs.

Les personnes en bonne santé sont souvent porteuses de *S. aureus* dans les fosses nasales, la gorge, le revêtement, le cutané (**Ait Abdelouahab, 2008**).

### I.6. Les entérobactéries

Le dénombrement des entérobactéries dans les cinq marques de fromage fondu montre que leurs nombre varie entre des valeur maximales de 765 UFC /g pour la marque « Dialna » et l'absence totale pour les deux marques « Super portion » et « Cheezy » avec une valeur moyenne de 81 UFC/g pour la marque « Bravo » , et une valeur de 18 UFC/g pour la marque de référence « La vache qui rit » (**Figure N° 8**).



**Figure N°8.** Variation du niveau de contamination moyenne par les entérobactéries entre cinq échantillons de fromage fondu.

La présence d'enterobactéries dans un aliment peut résulter : soit de la contamination de la matière première, Soit du non respect du code de bonne pratiques d'hygiène. leurs numération est intéressants au niveau industriel comme teste de qualité hygiéniques globales : ils peuvent être considérés comme germes indicateurs de mauvaise condition du manipulation et de fabrication.

Les entérobactéries sont très sensible à la chaleur ce implique que leurs absence indique l'efficacité de traitement thermique (Guiraud, 2003 et Jeantet *et al.*, 2006).

Selon Jeantet *et al* (2006) le niveau d'enterobactéries rencontré dans les aliments doit être relativement bas, leur présence n'est pas généralement corrélée à un danger pour le consommateur. L'activité des entérobactéries peut influencer la maturation du fromage et peut même être responsable de l'apparition de certaines caractéristiques désagréables et spécifiques des fromages. Il est à noter que certaines peuvent être même pathogènes.

De plus, la capacité de production de gaz d'un grand nombre par les entéro peut entraîner un soufflage précoce du fromage comme *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella aerogenes* et des souches de genres *Citrobacter* et *Serratia* (Tabla, 2016).

## I.7. Recherche de salmonella

## I.7.1. Résultats des tests biochimiques

Tableau N°10 : Résultats des ssais biochimiques de salmonella.

milieu	test	résultats		
		Bravo	Dialna	La vache qui rit
TSI	Lactose	+	+	+
	H <sub>2</sub> S	-	-	-
	Glucose	+	+	+
	GAZ	+	+	+
Mannitol mobilité	Mannitol	+	+	+
	Mobilité	+	+	+
MEVAG	Type respiratoire	Fermentaire	Fermentaire	Fermentaire
Citrate de Simon		Citrate -	Citrate -	Citrate -
Urée		-	-	-
Indole		+	+	+
Boillon Nitrate		+	+	-
ADH		+	-	-
ODC		+	+	+
LDC		+	+	+
VP		-	-	-
RM		+	+	+

Les résultats de la recherche des salmonelles montrent que ce germe est absent dans toutes les marques de fromages analysés. Ces résultats sont en accord avec la norme de **JORA 2004** qui précise que le fromage fondu doit être exempt de Salmonelles.

Selon **Guiraud (1998)** les *Salmonella* étant des bactéries dangereuses, responsable d'un grand nombre des troubles d'origine alimentaire, elles ne doivent pas être présentes dans un aliment.

En effet, La contamination d'un aliment peut être directe provenir par de manipulateurs malades ou porteurs sains de germe ou indirecte par l'eau et le sol (**Ait Abdelouahab, 2008 et Guiraud, 1998**)

D'une manière général, La consommation d'aliment dans lesquels le nombre de *Salmonella* atteint généralement  $10^5$  à  $10^6$  germes par gramme (mais parfois nettement moins) entraîne des troubles de type gastro-entérite (diarrhée, douleurs abdominales, céphalée, vomissement ;..) avec frissons et fièvres (**Guiraud, 1998**).

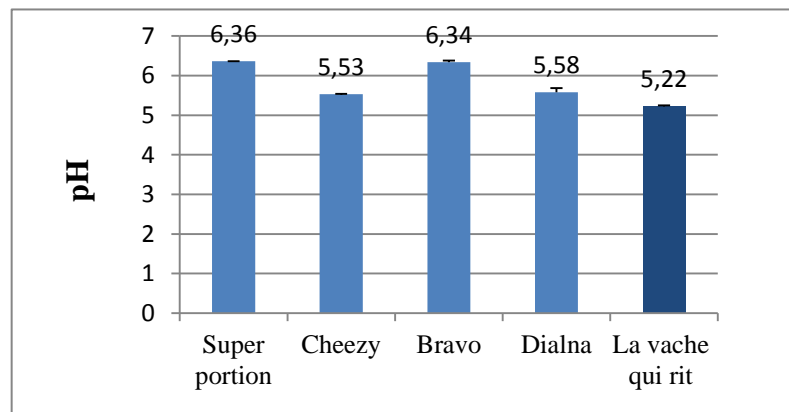
Les résultats des tests biochimiques montre que le germe présenté dans les trois marques de fromage fondu c'est *E.coli*.

## II. Contrôles physicochimiques

### II.1. Mesure du pH

L'analyse de variance a montré que les résultats de pH varient d'une manière significative ( $p < 0.05$ ).

La mesure de pH des 5 échantillons de fromage fondu analysés montre que cette valeur varie entre une valeur maximale  $6.36 \pm 0.007$  réservé pour la marque «Cheezy» et une valeur minimale  $5.22 \pm 0.03$  réservé pour « La vache qui rit » alors que les valeurs moyennes  $5.53 \pm 0.014$  et  $5.58 \pm 0.1$  sont réservés pour les marques «Cheezy »et «Dialna» respectivement (**Figure N° 9**).



**Figure N°9.** Variation du pH dans les échantillons de fromage fondu.

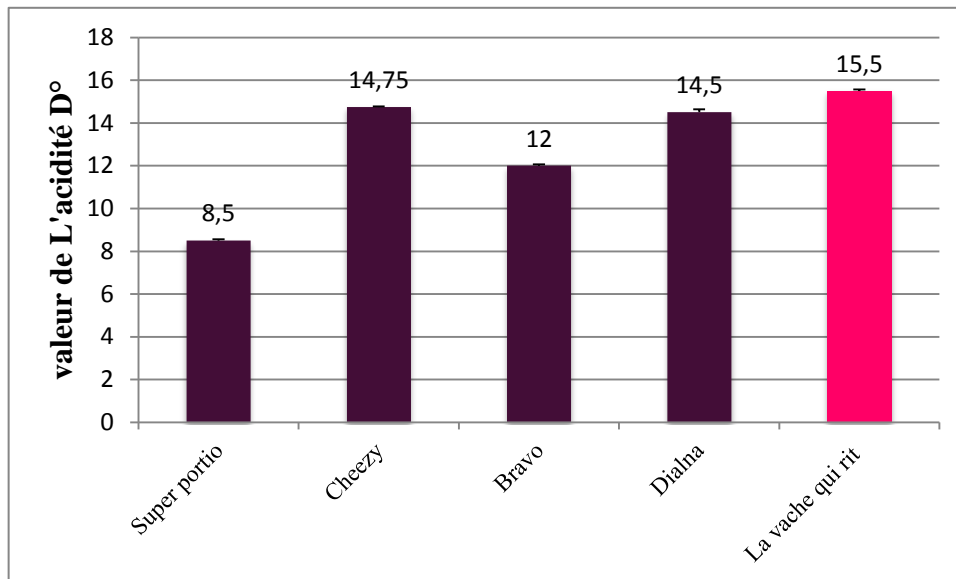
Le pH des fromages fondus est un paramètre important car il agit d'une part sur la dissociation des différents groupes à liaison calcium donc sur l'action des sels de fonte et d'autre part sur la solubilité des protéines (**Boutonnier, 2000**).

Tous les fromages fondus sont fabriqués dans une plage de pH étroite de 5,2-6,0 .Il y a une relation réversible entre le pH et la texture de fromage fondu, (**Lee et Klostermeyer, 2001**). Fromages à faible pH étaient durs et friables alors que les fromages à haute pH étaient moins solides et élastiques

L'augmentation de la charge négative nette des protéines (avec un pH croissant au-dessus du point isoélectrique des caséines) a entraîné une augmentation de l'hydratation de la caséine en raison des interactions électrostatiques réduites. La sorption plus élevée de l'eau par les protéines était supposée produire un fromage fondu plus tendre à pH élevé (**Solowiej, 2007**).

## II.2. Mesure de l'acidité Dornic

L'analyse de variance a montré que les résultats de l'acidité varient d'une manière significative ( $p < 0.05$ ). La mesure de l'acidité des 5 échantillons de fromage fondu analysés montre que sa valeur varie entre une valeur maximale  $1,47 \pm 0.03$  réservée pour la marque «Cheezy» et une valeur minimale  $0,85 \pm 0.07$  réservée pour « Super portion » alors que les valeurs moyennes  $1.2 \pm 0,014$  ,  $1,24 \pm 0,07$  et  $1,45 \pm 0,07$  sont réservées pour les marques «Bravo », «La vache qui rit» et « Dialna » respectivement( **Figure N°10**)



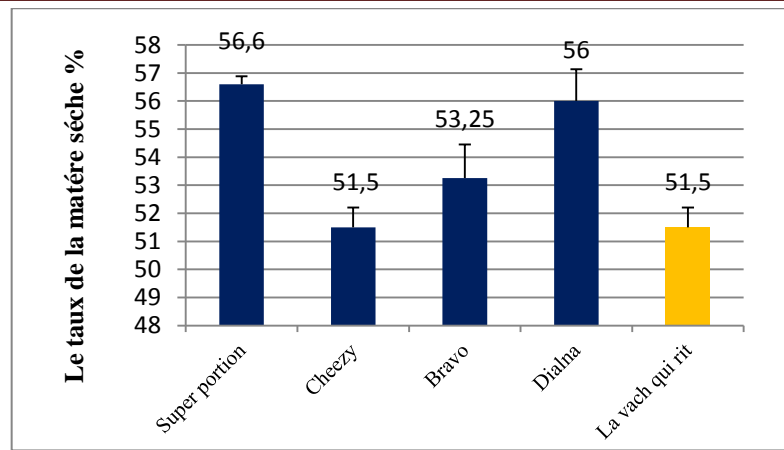
**Figure N°10.** Variation de l'acidité dans les échantillons de fromage fondu.

L'acidité dornic diffère d'un type de fromage à un autre selon leur humidité, le fromage le plus humide et le plus acide (**Patart, 1987**).

L'acidité du fromage est due principalement à la présence de protéines surtout les caséines, de substances minérales telles que les phosphates et le  $CO_2$ , et l'acide organique, le plus souvent l'acide citrique (**Amiot et al., 2002**).

## II.3. La teneur en extrait sec

L'analyse de variance a montré que les résultats de l'extrait sec varient d'une manière significative ( $p < 5\%$ ). Les résultats obtenus montrent que le taux de l'extrait sec des échantillons analysés varie entre  $51.1 \pm 0.7\%$ , et  $56.6 \pm 0.28$ , où la valeur maximale est réservée pour les deux variétés de la marque « Super portion», et les valeurs moyennes de  $56 \pm 1.13\%$  et  $53.25 \pm 1.2\%$  sont réservées pour les marques «Dialna » et « Bravo » respectivement, alors que la valeur minimale  $51.5 \pm 0.7$  est réservée pour la marque « Cheezy» et la marque de référence « La vache qui rit » (**Figure N°11**).



**Figure N°11.** Variation du taux de matière sèche.

Selon **Fredot (2009)** le taux de l'extrait sec est 50 %. Ainsi **Richonnet (2016)** dans le cadre d'une étude sur la qualité nutritionnelle du fromage fondu rapportent un taux d'extrait sec total de 50%.

Le **Codex alimentaire (2004)** préconise un taux minimal d'extrait sec 40% pour le fromage fondu et de 30% pour le fromage fondu tartine. Ces variations sont dues essentiellement au taux des matières grasses. Par ailleurs, le taux du Gras sur le taux de matière sèche augmente généralement avec le taux de l'extrait sec total (**Codex alimentaire, 1978**).

**Selon Fredot (2005)**, l'extrait sec à une relation avec la matière grasse du lait, de la crème ajoutée et de l'importance d'égouttage car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche.

Le taux d'extrait sec dans un fromage fondu dépend entre-autre de la quantité de fromage utilisé pour la fonte et du taux d'extrait sec des autres matières premières mises en œuvre pour la fabrication du fromage fondu (**Eck et Gillis, 1997**).

Un taux d'extrait sec faible facilite le processus d'échange d'ions et conduit à une augmentation du coefficient de «peptisation». En effet, plus les caséines sont hydratées, plus leur structure est lâche, ce qui permet aux sels de fonte de pénétrer plus facilement les molécules des caséines et d'améliorer la «peptisation» (**Dimitreli et Thomareis, 2005**).

#### **II.4. Taux de la matière minérale**

Les résultats obtenus montre que le taux de la matière minérale des échantillons analysés varie entre  $13,4 \pm 1,9\%$ , et  $8,6 \pm 1,69\%$ , où la valeur maximale est réservé pour le fromage «Cheezy», et les valeurs moyennes de  $9,1 \pm 1,27\%$ ,  $9,2 \pm 0,84\%$  et  $10,8 \pm 1,41\%$  sont réservés pour les marques «Super portion », « La vache qui rit » et «Dialna» respectivement, alors que la valeur minimale  $8,6 \pm 1,69\%$  est réservé pour la marque « Bravo» (**Figure N° 12**).

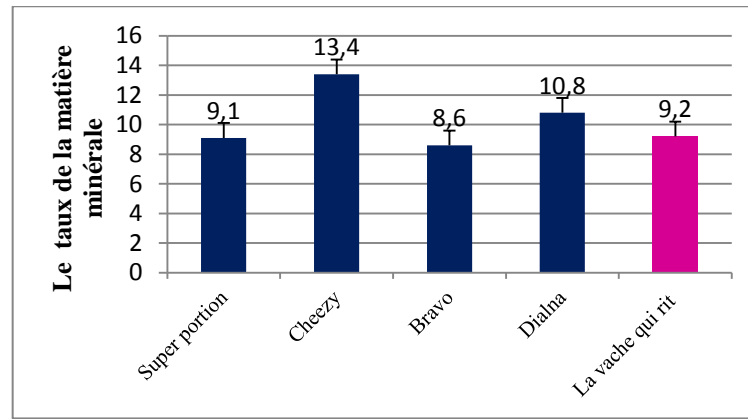


Figure N°12. Variation de taux de la matière minérale.

Selon **Esteban et Marcos, (1989)** le taux de matière minérale est 4,2% pour des fromages fondus à faible taux en gras, 4,7% pour des fromages fondus, mi-gras, gras et extra-gras et 2,1% pour un fromage fondu double gras.

La matière minérale du fromage fondu est constituée des sels de fonte ajoutés au cours de la fabrication et des sels contenus dans le fromage matière première (**Varunsatian et al., 1983**). Les fromages type Cheddar l'une des matières premières les plus utilisées, faits à partir de laits enrichis en protéines contiennent plus de minéraux et indirectement, plus de cendres (**Guinee et al., 2006**).

En général, la quantité de sels de fonte à mettre en œuvre se calcule par rapport à la matière première à fondre, et plus précisément par rapport à sa teneur en caséine intacte (**Oliveira et al., 2016; Fox et al., 2017**).

## II.5. Teneur en matière organique

La matière organique varie selon la variation de la matière minérale et sèche, la différence entre les cinq fromages due à des différences de composition de la matière première ou aux différences dans les processus de fabrication.

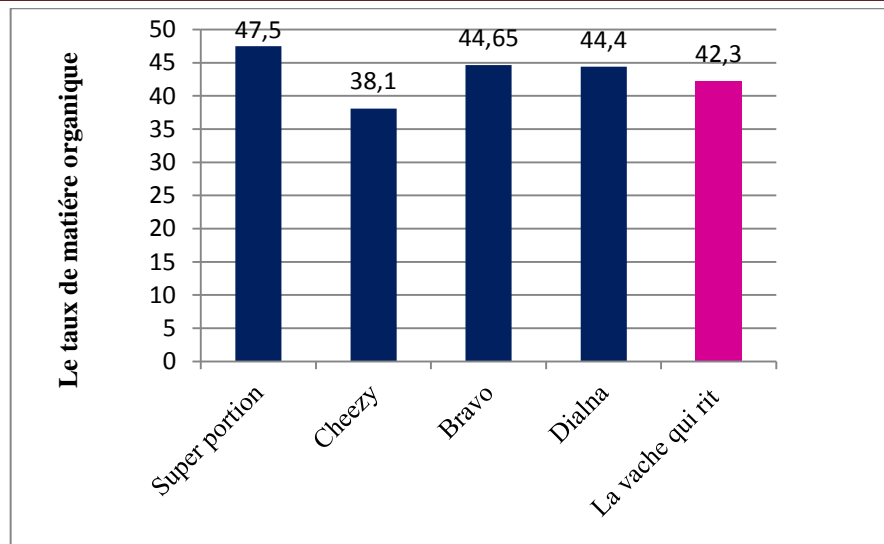


Figure N°13. Variation du taux de la matière organique.

## II.6. Le taux d'humidité

L'analyse de variance a montré que les résultats de l'humidité varient d'une manière non significative selon les marques de fromage ( $p > 0.05$ )

Les résultats obtenus montre que la teneur en eau des échantillons analysés varie entre  $34.3 \pm 4.34$  %, et  $42.5 \pm 0.7$  %, où la valeur maximale de  $42.5 \pm 0.7$  % est réservée pour les deux variétés de la « vache qui rit » et « Cheezy », et les valeurs moyennes de  $40.7 \pm 0.7$  % et  $38 \pm 1.13$  % sont réservés pour les marques « Bravo » et « Dialna » respectivement, alors que la valeur minimale  $34.3 \pm 4.38$  % est réservé pour la marque « Super portion » (Figure N° 14).

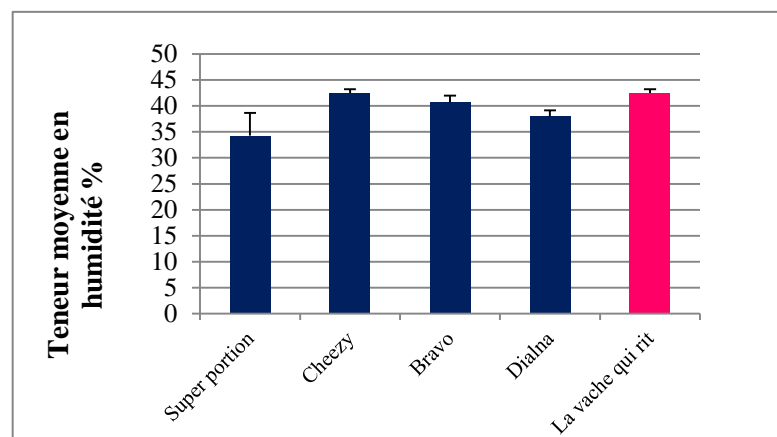


Figure N°14. Variation de la teneur en humidité.

Selon Fredot (2006) et Richonnet (2016), la valeur moyenne du taux d'humidité dans les fromages fondus est 50%, et par comparaison avec nos résultats le taux d'humidité des cinq échantillons analysés est inférieur à cette valeur.



La teneur en eau des fromages est liée à des différents facteurs : la température de cuisson, le taux d'humidité de la solution saline de fonte et la durée de stérilisation par l'upérisation (**Frédot., 2006**).

La qualité microbiologique et physicochimique d'un aliment est en relation avec la teneur en eau. Cette dernière assure le transfert des substrats, des facteurs de croissance des agents biologiques et des produits de réactions chimiques et biochimique ce qui permet les déroulements des réactions dans des conditions optimales (**Jeantet et al., 2006**).

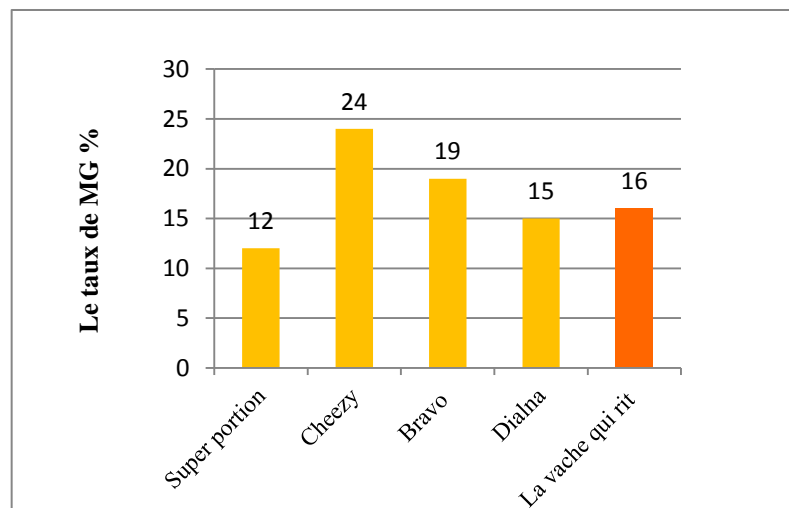
### II.7. Test d'amidon

Les résultats de l'analyse sont négatifs ce qui indique que l'amidon n'est pas parmi les composants de fromage fondu.

L'utilisation des amidons modifiés comme substituts de graisse, comme adjuvants de texture, stabilisants, émulsifiants et épaississants est réglementés encore faut-il le mentionner sur l'étiquette du produit (**Abbas et al., 2010**).

### II.8. La matière grasse

La teneur en matières grasses des fromages fondus analysés semble varie entre une valeur maximale 24% réservé pour la marque «Cheezy» et une valeur minimale 12% réservé pour « Super portion » alors que les valeurs moyennes 15%, 16% et 19% sont réservés pour les marques «Dialna», «La vache qui rit» et «Bravo» respectivement (**FigureN°15**).



**Figure N°15.** Variation de la teneur en matière grasse.

La teneur en matière grasse des marques analysées est inférieure aux valeurs rapportées par **Richonnet (2016)** (21 à 22%), sauf la marque « Cheezy » qui est approximative de la valeur rapportée par (**Fox et al., 2017**) qui est de 23,3% pour les fromages fondus.

La source de matière grasse présente dans le fromage fondu est principalement le fromage utilisé comme ingrédient principal (environ 90%) (**Bachmann, 2001**). Cependant, d'autres ingrédients laitiers, tels que la crème et la matière grasse laitière anhydre ou matière grasse végétale peuvent être ajoutées et contribuent également à la teneur finale en matières grasses du produit (**Tamime et al., 1999**). La matière grasse est responsable de l'arôme et la saveur et joue un rôle texturant de fromage crémeux (**Vignola, 2002**).

## **II.9. Quantification des acides gras**

L'observation du chromatogramme des différentes marques montre une variation remarquable. En effet les pics obtenus et qui est correspond au acides gras de différent taille sont placés dans des stades différent de l'élution.

Le chromatogramme montre que toutes les marques de fromage fondu analysées contiennent des acides gras saturé comme l'acide octanoïque (C8 :0) « acide caprylique », l'acide décanoïque (C10 :0) « acide caprique », l'acide dodecanoïque (C12 :0) « acide laurique », », l'acide hexadecanoïque (C16 :0) « acide palmitique ». L'acide pentadecanoïque (C15 :0) « acide margarique » se trouve uniquement dans les fromages « La vache qui rit » et « Dialna ».

Concernant les acides gras insaturé 8-octadecenoïque se présente dans tous les fromages fondus, l'acide 9-11octadecadienoïque se trouve dans les fromages fondus « Bravo » et « Dialna ».

Les acides 11-hexadecenoïque ,9- octadecenoïque, 9,12- octadecadienoïque sont présentent uniquement dans le fromage fondu « Dialna ». alors que l'acide 9-hexadecenoïque et l'acide 11-octadecenoïque sont présentent uniquement dans le fromage fondu « La vache qui rit ».

L'analyse des chromatogrammes montrent que les acides gras présents dans les fromages fondus analysés sont divisés en deux groupes : **acides gras saturés** et **acides gras insaturés**.

L'orqu'on parle sur les acides gras saturés, l'acide caprylique (C8 : 0) se rencontre dans la graisse du lait (1 %), de même que et l'acide caprique (C10 : 0) (4 %) (**Jenkins, 1998**). 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). Une des sources les plus riches d'acide laurique est l'huile de coprah, qui en contient de 44 à 52 % (**Sonntag, 1979**).

La matière grasse du lait en contient également, de l'ordre de 4% des acides gras totaux (**Jenkins, 1998**). L'acide myristique (C14 : 0) constitue 14 % des acides gras de la matière grasse du lait (**Jenkins, 1998**) et 13 à 19 % de l'huile de coprah (**Sonntag, 1979**). 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 grasseux des animaux marins (minimum 5 %), de l'huile de

palmiste (44 %) (**National Research Council, 2001**). L'acide stéarique est également largement distribué, tant dans le règne végétal que dans le règne animal (**Sonntag, 1979**).

Deux groupes des acides gras insaturés présentent dans la matière grasse du lait, acides gras **mono insaturés** et **polyinsaturés** (**Cuvelier et al ., 2004**).

Parmi les acides gras monoinsaturés, 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 (**Jenkins, 1998**).

La matière grasse du lait en contient 1,5 % 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, 1979**), l'huile d'arachide (45 %) (**National Research Council, 2001**) et l'huile de pécan (85 %) (**Sonntag, 1979 ; Jenkins, 1998**).

Peu de graisses contiennent moins de 10% d'acide oléique. L'acide *trans* vaccénique (C18 : 1(*trans* 11)) et l'acide élaidique (C18 : 1 (*trans* 9)) ne se rencontrent pas dans les graisses d'origine végétale, mais constitueraient entre 5 et 10 % de la graisse de bœuf (**Sonntag, 1979**).

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) (**Cuvelier et al., 2004**).

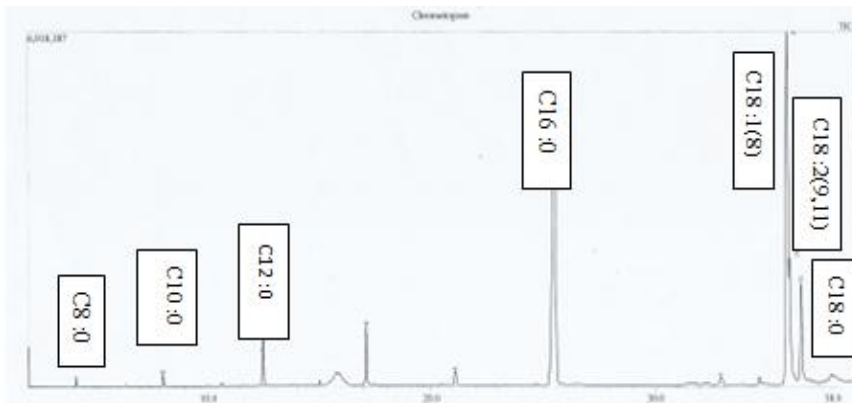


Figure16. Chromatogramme des acides gras pour « Bravo ».

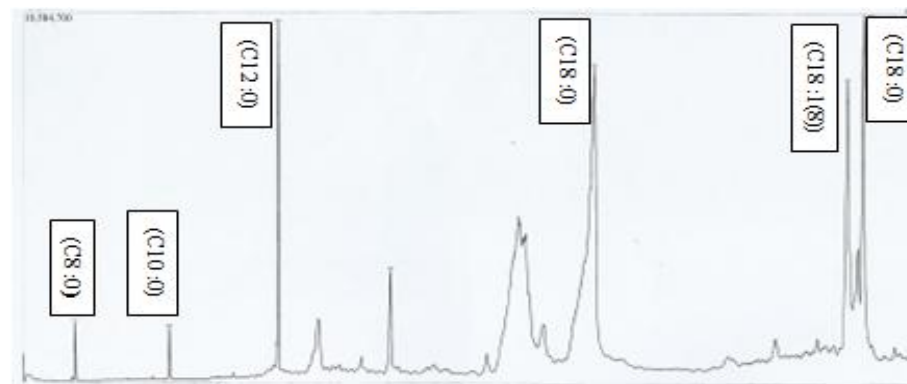


Figure17. Chromatogramme des acides gras pour « Cheezy ».

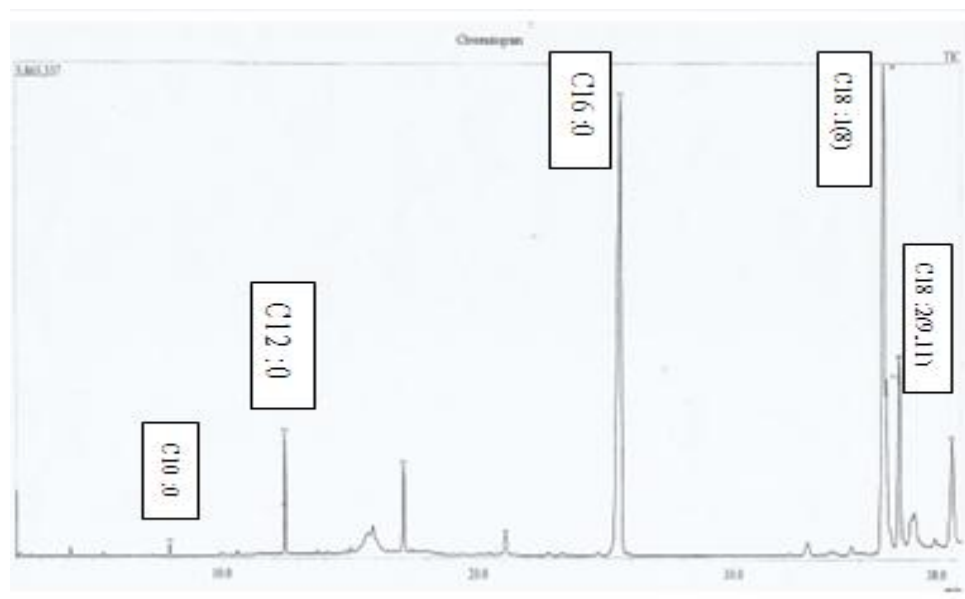


Figure 18. Chromatogramme des acides gras pour « Super portion ».

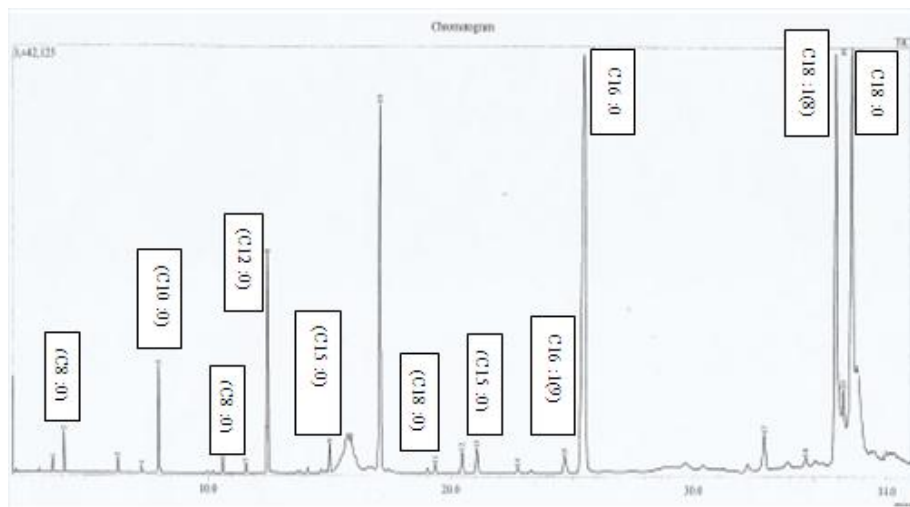


Figure19. Chromatogramme des acides gras pour « La vache qui rit »

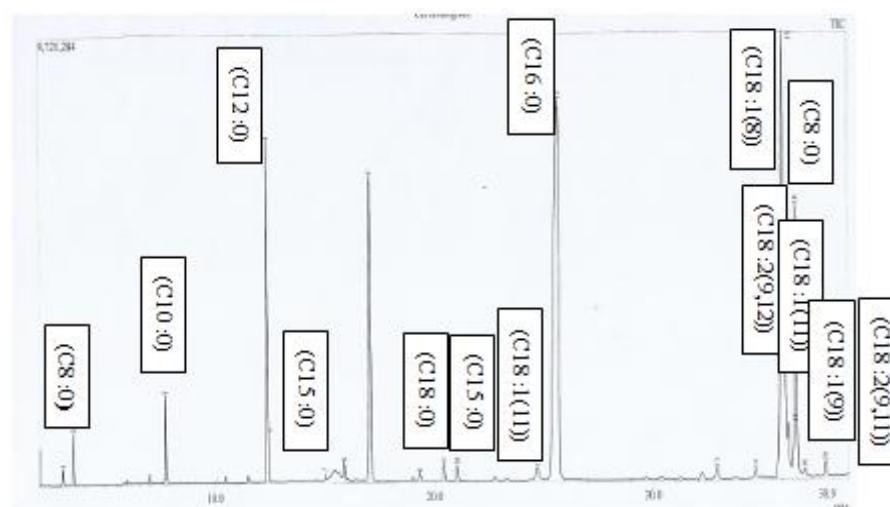


figure20. Chromatogramme des acides gras pour « Dialna »

## II.10. La teneur en minéraux:

Le Cu et Zn, sont des micronutriments essentiels et ont une variété de fonctions biochimiques dans tous les organismes vivants. La figure suivant représente la teneur de ces minéraux dans quelques types de fromage fondu. (FigureN°21)

L'analyse de variance a montré que les résultats de l'humidité varient d'une manière significative ( $p \leq 0.05$ ).

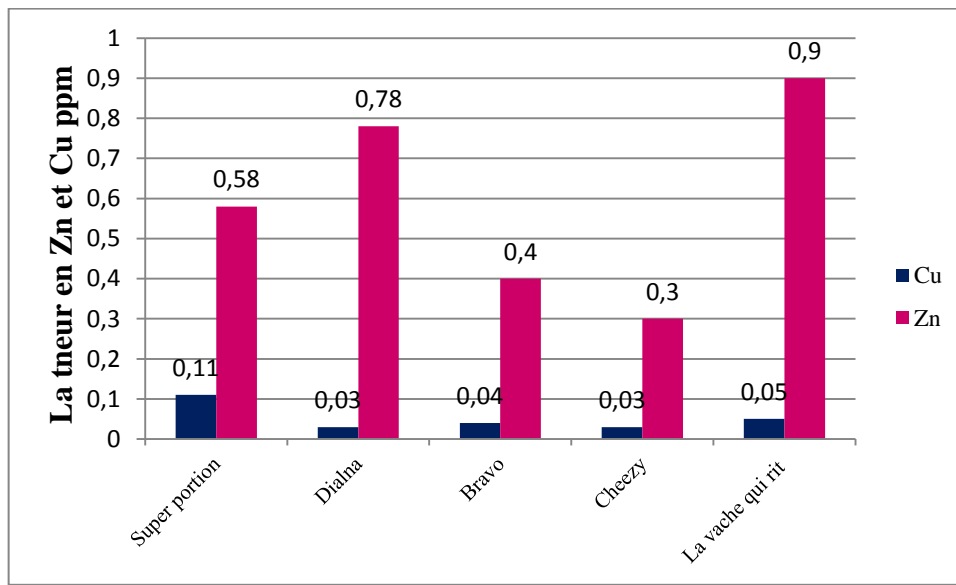


Figure N° 21. Teneur en Zn et Cu dans le fromage fondu

Le Zinc est un métal constitue un facteur co-enzymatique pour un grand nombre de réaction métabolique vitale pour les cellules vivantes. (Chibane *et al.*, 2007). Les résultats que nous avons obtenue par le dosage des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique montre que la teneur en Zn varie entre une valeur minimale de 0.3 ppm pour le fromage « Cheezy » et une valeur maximal de 0,9 ppm pour le fromage fondu « La vache qui rit » avec des valeurs moyenne de 0,4 ppm ,0,58 ppm, et 0,78 ppm pour les fromages « Bravo », « Super portion » et « Dialna » respectivement.

D'autre part, les valeurs de cuivres dans nos échantillons sont varié entre 0,03 ppm pour les fromages « Dialna » et « Cheezy » et 0,11 ppm pour « La vache qui rit » alors que les valeurs moyennes de 0.04ppm et 0.05ppm sont réservés pour les fromages « Bravo » et « La vache qui rit » respectivement. Ces valeurs sont accord avec les valeurs rapportées par Mendil (2005) et qui précise que les apports journalier ne doit pas dépasser 1mg /Kg de poids vif.

Il est à noter que le Cu et le Zn peuvent être toxiques lorsqu'ils sont pris en excès; cette toxicité notamment pour le cuivre est à l'origine généralement d'une anémie fonctionnelle sans diminution du nombre de globules rouges.

Le fromage fondu est un aliment qui a une grande importance dans l'alimentation de la population algérienne vue sa richesse en élément nécessaire qui répond aux besoins des consommateurs notamment les enfants et les personnes âgés. Les fabricants des fromages fondus doivent alors répondre aux exigences des consommateurs en leur assurant une salubrité et innocuité de ces denrées alimentaires.

Dans le but de vérifier la qualité en général des fromages fondus fabriqués en Algérie et commercialisés localement, nous nous sommes proposés à faire un échantillonnage de 5 types (marques) et qui sont : « La vache qui rit », « Cheezy », « Bravo », « Super portion » et « Dialna » puis de procéder à faire des analyses microbiologiques et physicochimiques et enfin vérifier leurs teneur certaines minéraux (Zn et Cu).

Les résultats des analyses microbiologiques montrent la présence des coliformes en valeurs exagérées dans le fromage fondu « La vache qui rit » cette présence peut être due à la résistance de ces germes aux procédés de fabrication, soit à l'utilisation d'emballage contaminé et surtout à la rupture de la chaîne de froid et aux mauvaises conditions de stockage et de commercialisation.

Nous avons aussi notés la présence dans les échantillons de marques « Dialna » et « Bravo » la présence de germe de l'espèce *Staphylococcus aureus* qui sont des contaminants toxigènes et qui obligent les autorités de prendre des mesures de saisie et de destruction avec l'interdiction de la commercialisation des lots contaminés. Si la contamination par les *Staphylococcus aureus* est confirmé à la sortie de l'usine une désinfection et un vide sanitaire doit être imposé aux différents compartiments de fabrication de cette denrée alimentaire. Ces mesures sont en relation avec le pouvoir pathogène et leurs implications dans les intoxications alimentaires graves comme syndrome de choc toxique et qui est parfois mortel. Ce travail doit être complété par des analyses microbiologiques pour les différents points de fabrication de fromage fondu notamment pour les marques « Dialna » et « Bravo » qui révèle des germes pathogènes.

Les résultats des analyses physicochimiques montrent que la taux de la matière sèche et la matière minéral des marques « Super portion », « Dialna » et « Bravo » sont plus élevés que le taux d'humidité, la matière grasse est aussi inférieure aux normes requises. Ce qui nous laisse penser au non-respect par les fabricants des normes nationales et internationales de la formulation de ces fromages commercialisés localement. Ce non-respect a pour conséquences forcément cette variation de l'homogénéité de leur constitution de ces produits alimentaires ainsi que la diminution de leur qualité nutritionnelle.



L'analyse quantitative de la composition en acide gras par GC-MS des cinq marques de fromages montre la richesse de ce fromage en acide gras. Le profil d'acides gras des cinq échantillons analysés a révélé l'existence d'une variation remarquable entre les différents échantillons analysés. Les acides gras obtenus sont divisés en acides gras saturés et insaturés. La présence des acides gras insaturés en quantité élevée peut être à l'origine des risques sanitaires tels que les maladies cardiovasculaires.

Ce travail est loin d'être complet et doit être complété par des analyses plus rigoureuses comme la détermination de la matière azotée, et des différents types des métaux lourds ainsi que les types d'acides aminés présents dans ces denrées alimentaires très demandées au niveau du marché local.

L'analyse quantitative de la composition en acide gras par GC-MS des cinq marques de fromages montre la richesse de ce fromage en acide gras. Le profil d'acides gras des cinq échantillons analysés a révélé l'existence d'une variation remarquable entre les différents échantillons analysés. Les acides gras obtenus sont divisés en acides gras saturés et insaturés, la présence de ces derniers en quantité élevée peut être à l'origine des risques sanitaires telles que les maladies cardiovasculaires.

Ce travail est loin d'être complet et doit être complété par des analyses plus rigoureuses comme la détermination de la matière azotée, et des différents types des métaux lourds ainsi que les types d'acides aminés présents dans ces denrées alimentaires très demandées au niveau du marché local.

**A**

**Abbas, K.A., Khalil, S.K., Hussin, A.S.M. (2010).** Modified starches and their usages in selected food products : A review study. *J Agr Sci*, 2, 90 -100.

**Adrian, J., Potus, J., Regine. 2003.** La science alimentaire de A à Z. 3<sup>e</sup> Ed Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 215.

**Amiot, J., Simpson, R. (2002).** Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In Vignola. Science et technologie Du lait-transformation du lait. P1-73.

**B**

**Bbing, P., rutgers, K. (2006).** La préparation des laitages. Wageningen : fondation agromisa.

**Bachmann, H.P. (2001).** Cheese analogues: A review. *Int Dairy J*, 11(4), 505-515.

**Belli, P., Anna., Cantafora, A.F.A., Stella, S., Barbieri, S., Crimella, C. (2013).** Microbiological survey of milk and dairy products from a small scale dairy processing unit in Maroua (Cameroon). *Food Control*, 32, 366-370.

**Berger, T., Butkofer, U., Reach, C-H., Dubach, A, Stalder, M, luczinski, K., Schmidr, Stalder, M., Stalder, U. (2004).** Manuel suisse des denrées alimentaires. Le lait.

**Blanc, B. (1982).** Les protéines du lait à activité enzymatiques et hormonales. *Internationales dairy journal*. P350-395.

**Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G., Verne, E.B. (2002).** Microbiologie et qualité dans l'industrie agroalimentaire. Doin éditeur. P79

**Brule. (1998).** Les minéraux. In : le lait matière première de l'industrie laitière. Gepliindra. P88-101.

**Bourgeois, CM., Mescle, JF., Zucca, J.(1996)** Microbiologie alimentaire, Tome I : « aspects microbiologiques de la sécurité et de la qualité alimentaires », Technique et documentation, Lavoisier, paris, p201-206.

**Bourre, J.M. (2010).** Le lait vrai et faux. Paris : Odile Jacob.

**Boutonnet, J.L. (2000).** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.

**C**

**Caric, M., Kalab, M.(1993)** .Procrssed cheese product .In :Fox P.F.Cheese: Chemistry , Physics and Microbiology.,Major Cheese Groups. London: Chapman&Hall.

**Coiffier.O, Copin.M.P, Larpent.G.M , Poumeyrol.M, Lafarge.V.(1997)**. Enterobacteriaceae et Vibrionaceae. In Larpent.JP. Microbiologie alimentaire. Paris : Lavoisier. P134-166.

**Commission du codex alimentarius. (2016)**. Projet d normes générale. Rome.

**Cousin, F. (2012)**. Le premier lait fermenté exclusivement par une bactérie propionique laitière : mise au point et potentiel probiotique.

**D**

**Deblay, S., Battinger, R. (2016)**. Respiration et fermentations. Educagri.

**Debry, G. (2001)**. Lait nutrition et santé. Paris : technique et documentation.P.566.

**Delpel, J.L. (2003)**. Fromage et vin. Losange.

**E**

**Eck, A., Gillis, J. C. (2006)**. Le fromage. Paris : Tec et Doc, Lavoisier.

**Eck, A., Guillis, J.C. (1997)**. Le fromage. Paris :Technique et documentation Lavoisier.

**F**

**Flandrois, J.P. (1997)**. Bactériologie médicale. Lyon cedex : presse universitaire de Lyon. P269.

**Fournier, A. (2007)**. La vache. Losagne. P123.

**Fox, P.F. (2000)**. Cheese chemistry,physics and microbiology. Maryland : Aspen publishers,Inc. P 469.

**Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., and Mcsweeney, P. L. (2017)**. Processed cheese and substitute/imitation cheese products. In fundamentals of cheese science Springer Us. P589-627.

**G**

**Fridot, E. (2005)**. Connaissance des aliments. Paris : TEC & DOC, Lavoisier. P360.

**Froc, J. (2006)**. Balade au pays des fromages : les traditions fromagères en France. Versailles : Quae.

**Guinee, T. P., O’Kennedy, B. T., Kelly, P. M. (2006)**. Effect of milk protein standardization using different methods on the composition and yields of cheddar cheese. J Dairy Sci

89(2), 468-482.

**Guiraud, J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Paris : Dunod. P652.

**Guiraud, J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Paris : Dunod. p

**Guiraud, J.P., Galzy, P. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. L'usine. P119.

## **H**

**Hydria, F., El Ouardi, A., Hami, H., Soulaymani, A., Senouci, S. (2012).** Évaluation de la qualité microbiologique des produits laitiers commercialisés dans la région de Rabat-Salé-Zemmour-Zaer au Maroc. Cahiers de nutrition et de diététique, 47, 303—307.

## **I**

**Iurlina, O.M., Fritz, R. (2004).** Microbiological quality of Port Salut Argentino cheese stored at two temperature treatments. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 37, 739–748.

## **J**

**Jeantet, R., Groguennec, T., Mahout, M., Schuck, P., Brulé, G. (2008).** Lait et produits laitiers. Paris : Lavoisier.

**Jeantet.R., Crouennec.T., Schuck.P., Gérard.B. (2006).** Science des aliments. Paris, Lavoisier. P 69, 111, 182, 354.

**Jenkins, T.C. (1998).** Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. J. Dairy Sci, 81, 794-800.

**Joffin, C et Joffin, J.N. (2010).** Microbiologie alimentaire. DOC.PED, Bordeaux. P

**J.O.R.A n° 25.** 4 mai 2014. Méthode de détermination de la teneur totale en matière sèche des fromages et des fromages fondus.

**J.O.R.A n°68.** Arrêté du 21 Rajab 1435 correspondant au 21 mai 2014 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des staphylocoques à coagulase positive .

**J.O.R.A n°74.** Arrêté du 20 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des laits et des produits laitiers.

**J.O.R.F (Journal Officiel de la République Française), 2007.** Décret n. 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.

**K**

**Kim, N.S., Lee,H.J., Han, K.M., Kim, J.W., Cho, S., Kim, J. (2013).** Discrimination of commercial cheeses from fatty acid profiles and phytosterol contents obtained by GC and PCA. Food Chemistry, 363-700.

**L**

**Lacerf, J.M. (2006).** Mieux nourri mon enfant. Paris : éditions ouvrière.

**Larpen, J.P., Copin, M.P., Germonville, A., Jacquet, M., Thétas, J.L. (1997).** Microbiologie du lait et des produits laitiers. In Larpen.JP. Microbiologie alimentaire. Paris : Lavoisier. P704-805.

**Laszlo, P. (2012).** Le sel. Versailles cedex : Quae.

**Lecoque, R. (1965).** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertise usuelle. Doin

**Lévesque, P. (2007).** La traite des vaches laitières : Etape par etape vers la qualité.Québec.p67.

**M**

**Maryvonne, L. (2012).** Lobbying de l'agroalimentaire et normes internationales. Versailles cedex : Quae. P75.

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

**N**

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press : Washington, 2001, 381 p.

**Noblet, B. (2012).** Le lait : produits, composition et consommation. In France. Cahier de nutrition et de diététique. P 242 ,249

**O**

**O'connor, B.C., Bansh, R.T. (1991).** Introduction à l'étude du lait. Addis-Abeba : centre international d'élevage en afrique. P29.

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

**P**

**Perez, E.C., Cunha, L.M., Guerrero, L., Liang, H.H., Lo, Y.M., Marshall, D.L., Nip, W.K., Shahidi, F., Sherket, F., Winger, R.J., Yam, K.I. (2006).** Hand book of food science, technology, and engineering. New York : Taylor&Francis. P398.

**Pongheon, S., Goursoud, J. (2001).** Lait caractéristique physicochimiques. In lait nutrition et santé. Paris : technique et documentation. P 566.

**Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. (2000).** Rome : FAO.

**Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. (2004).** comité du codex sur le lait et produits laitiers. Nouvelle-Zélande.

**R**

**Raken, M.D., Kill.R.C., Baker, C.G.J.(1997).** Food industries manual. New York : Chapman et Hall. P 111, 106.

**Richonnet, C. (2016).** Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. Cah Nutr Diet, 51(1), 48-56.

**Roesel, K., Grace, D. (2016).** Sécurité sanitaire des aliments et marché informel : les produits d'origine animale en Afrique Subsaharien. Institut national de recherche sur l'élevage. P199.

**Roustel S. (2015).** Fromage fondu : physico-chimie du processus de fonte. Techniques de l'ingénieur, F6310: 2: 1-15.

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

**S**

**Schwerz, M. (2008).** Des microbes ou des hommes qui va l'importer. Paris : Odile Jakob.

**Sonntag, N.O.V. (1979a).** Structure and composition of fats and oils. In: Swern D. (Ed) Bailey's industrial oil and fat products, 1. Fourth edition. : New-York : Wiley-Interscience. P1-98.

**Sonntag, N.O.V. (1979b).** Compositions and characteristics of individual fats and oils. In : Swern D. (Ed), Bailey's industrial oil and fat products, volume 1. Fourth editions. : New-York: Wiley-Interscience, 289-477.

**Schaffer, B., Szakaly, S., Lorinczy, D., Schaffer, B. (2001).** Processed Cheese made with and without Peptisation : Submicroscopic structure and thermodynamic characteristics. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry , 64.671-679.

**T**

**Tamime, A. Y. (2011).** Processed cheese and analogues: An overview. Processed cheese and analogues. UK : Oxford.

**Toubol, V. (1965).** Détection des laits reconstitués et choix d'un révélateur. INRA, 36 (357), pp.385-388.

**V**

**Varunsatian, S., Watanabe, K., Hayakawa, S., Nakamura R. (1983).** Effects of Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> and Na<sup>++</sup> on heat aggregation of whey protein concentrates. J Food Sci. vol. 48, p42 .

**Verling, E. (2008).** Aliments et boissons, science des aliments. Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine France. P277.

**Vignola, C.L. (2002).** Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal.

**Z**

**Zarate, V., Belda, F., PCrez, C., Cardell, E. (1997).** Changes in the Microbial Flora of Tenerife Goats' Milk Cheese During Ripening. Dairy Journal, 7, 635-641.



## **Matériels de laboratoire**

### **✓ Appareillage**

- Etuve de 37°C et de 44°C « Memmert 100-800 »
- Four à moufle réglable de 450°C « Furnance 6000 »
- Balance électronique « Scout pro SPU 202 »
- pH mètre « Hanna »
- Bain marie « Grehardt »
- Four pasteur réglable à 120°C « controls »
- Microscope optique « olympus »
- Etuve de 103°C +/- 2°C « Mammert »
- Compteur colonies « Funke gerber »
- Agitateur vortex « Heidolph REAX top »
- Réfrigérateur pour la conservation des échantillons.

### **✓ Produits chimiques**

- NAOH (N/9)
- NAOH, 0.1%
- HCL, 1N
- HCL pure
- Phénol phtaléine
- Fushin
- Lugol
- Méthanol
- Alcool 95C
- Violet de gentiane
- Heptane

✓ **Verrerie**

- Eprouvette
- Pipette pasteur
- Pipette graduées
- Burettes
- Bécher
- Verre de montre
- Flacons
- Burette sur support
- Fioles

**Composition des milieux de culture et réactifs :**

**VRBL :**

- |  |                |
|--|----------------|
| • Digestat enzymatique de tissus animaux | 7 g            |
| • Extrait de levure                      | 3 g            |
| • Sels biliaries                         | 1,5 g          |
| • Lactose                                | 10 g           |
| • Chlorure de sodium                     | 5 g            |
| • Rouge neutre                           | 0,03 g         |
| • Cristal violet                         | 0,002 g        |
| • Agar-agar bactériologique              | 12 g à 18 g a) |
| • Eau                                    | 1000 ml        |

a) Selon le pouvoir gélifiant de l'agar-agar.

**Solution de tellurite de potassium :**

- |  |         |
|--|---------|
| • Tellurite de potassium a ( $K_2 TeO_3$ ) | 1 g     |
| • Eau                                      | 100 ml. |

**Bouillon cœur cervelle :**

- |  |      |
|--|------|
| • Digestat enzymatique de tissus animaux | 10 g |
|--|------|

---

• Extrait déshydraté de cervelle de veau	12,5 g
• Extrait déshydraté de cœur de bœuf	5 g
• Glucose	2 g
• Chlorure de sodium	5 g
• Hydrogénorthophosphate disodique anhydre (Na <sub>2</sub> HP04)	2,5 g
• Eau	1000 ml

**PCA :**

• Peptone pancréatique de caséine	5g
• Extrait de levure déshydratée	2.5g
• Glucose anhydre	1g
• Agar-agar	12-18g
• Eau distillée	1000ml
• Autoclaver à 120°Cpenddant 20 minutes.	
• pH	7.2

**Gélose (VF)**

• base viande foie	20g
• dextrose	0.75g
• amidon	0.75g
• sulfate de sodium	12g
• citrate ammoniacal	0.5
• agar	11g
• Ph	7.6+-0.2

**Milieu Giolotti-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

**Sabouraud gélosé :**

- Bio-Thion 3g
- Bio – Trypcase 3g
- Bio – Soyase 3g
- Extrait de levure 2g
- Agare 13g
- Extrait de malt 1g
- Glucose 19g
- Phosphate monopotassique 0.5g
- Phosphate disodique 0.5g
- Eau 1000ml
- pH 6.4

**Gélose TSI**

- Extrait de viande 3g
- Extrait de levure 3 g
- Peptone 20 g
- Chlorure de sodium (NaCl) 5 g
- Lactose 10 g
- Saccharose 10 g
- Glucose 1g
- Citrate de fer (III) 0,3 g
- Thiosulfate de sodium 0,3 g
- Rouge de phénol 0,024 g
- Gélose 9 g à 18 g1)
- Eaux 1 000 ml

**Milieu VP**

- Peptone 7 g

- Glucose 5 g
- (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) 5g
- Eau 1000 ml

**Milieu au nitrate :**

- Peptone 5g
- Extrait de viande 3g
- Nitrate de potassium 1g
- Eau 1000ml

**Eau physiologique :**

- Na Cl 9g
- Eau distillée 1000ml

**Na OH à 1N (solution d'hydroxyde de sodium)**

- 40g de la poudre de soude caustique
- Ajuster à 1000ml avec de l'eau distillée.

**Réactif de Kovacs**

- Diméthylamino-4 benzaldéhyde 5 g
- Acide chlorhydrique,  
= 1,18 g/ml à 1,19 g/ml 25 ml
- Méthyl-2 butanol-2 75 ml

**Fushine**

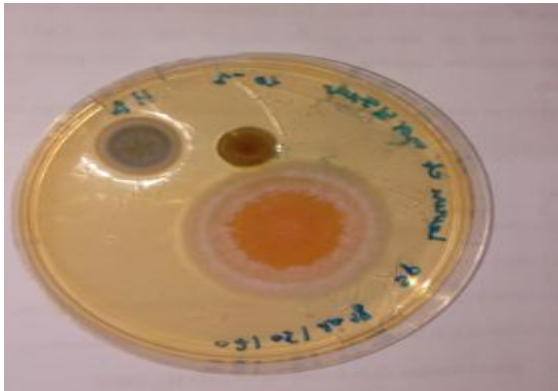
- Fushine basique 1g
- Alcool éthylique à 90% 10ml
- Phénol 5g
- Eau distillée 100ml

**Réactif pour la recherche des nitrites :**

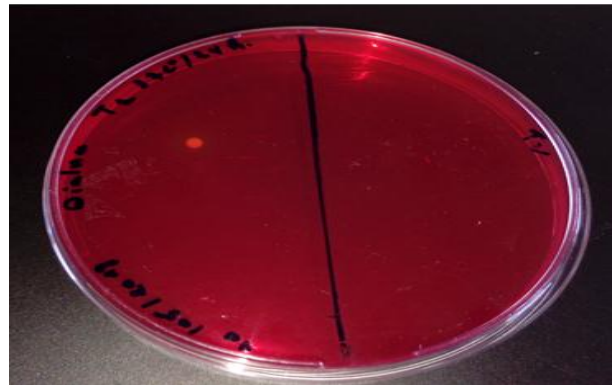
**1. Solution d'acide sulfalinique :**

- Acide sulfalinique 0.4g

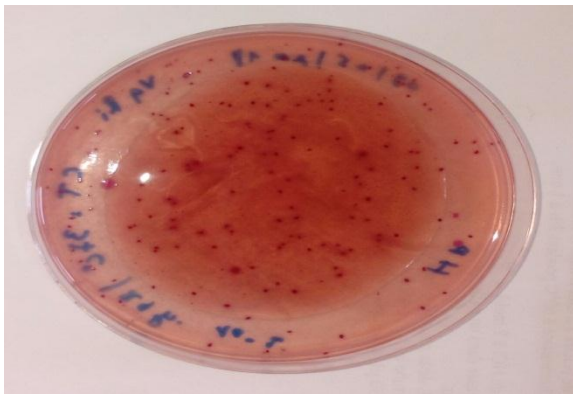
- Acide acétique 100ml
- 2. Solution acide 5-amino-2-naphtalène sulfonique (5-2ANSA)**
- 5-2ANSA 0.1g
  - Acide acétique (2.6 mol/l) 100ml



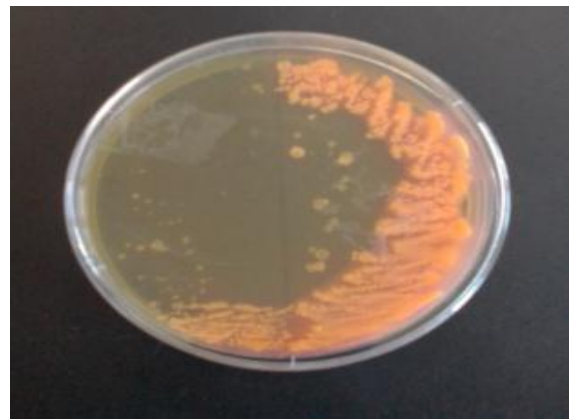
Levure et moisissure



les Staphylocoques



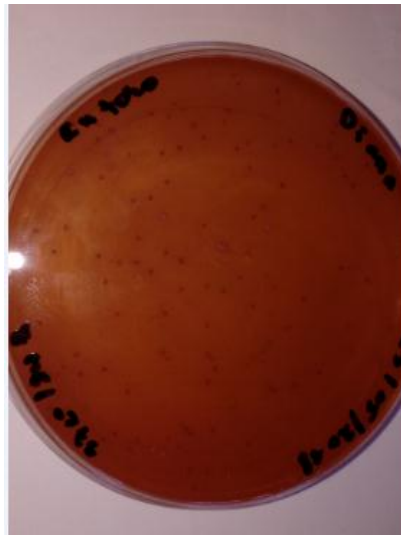
Les coliformes totaux



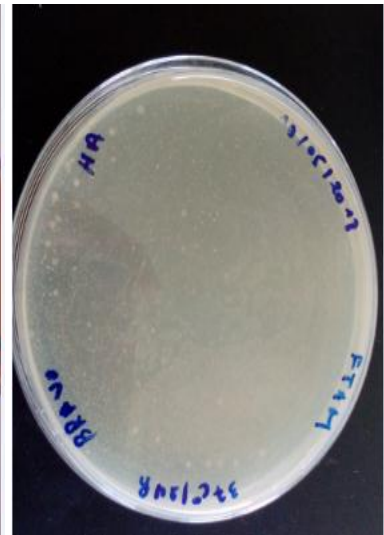
Les enterobactérie



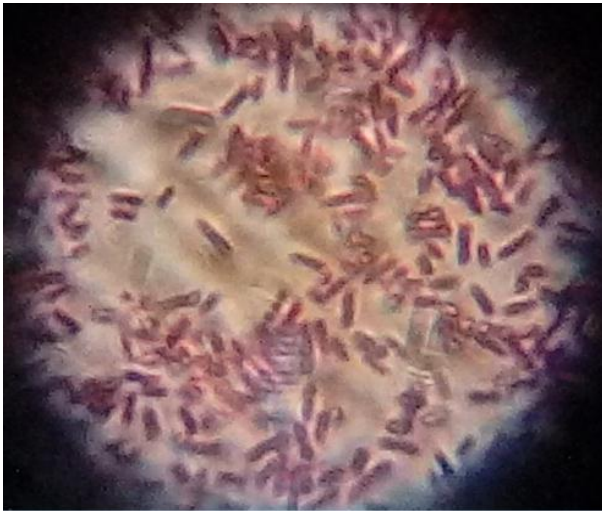
Levures



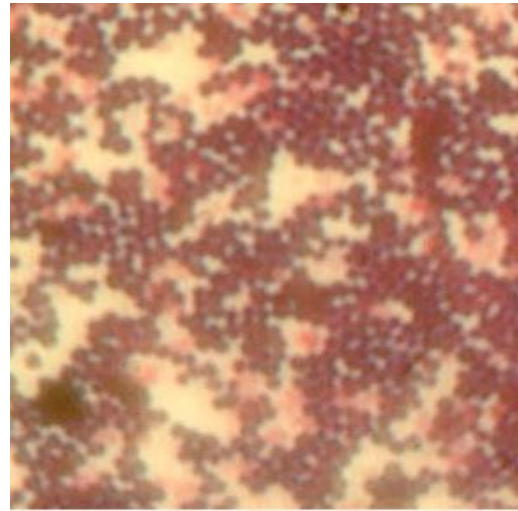
Enterobacterie



FTAM



**Observation des entérobactéries**



**Observation des staphylocoques**



**butyromètre**



## Contrôle de qualité microbiologique et physico chimique des nouvelles marques de fromage fondu commercialisé dans la wilaya de Jijel

### Résumé :

En Algérie, le fromage fondu est l'un des produits alimentaire les plus populaires, mais sa consommation peut représenter un risque de toxi-infections lorsqu'il est contaminé par des germes pathogènes. Dans le but de vérifier la conformité et l'innocuité sanitaire de cette denrée alimentaire, cinq échantillons choisis au hasard de cinq marques de fromages fondus commercialisés dans la wilaya de Jijel et qui sont « **La vache qui rit** » « **Cheezy** », « **Bravo** », « **Dialna** » et « **Super portion** ».

Les résultats de l'analyse microbiologique ont montrés la présence des coliformes fécaux notamment dans l'échantillon issu de maque « **la vache qui rit** » et la présence des *Staphylococcus aureus* dans les échantillons issus des marques « **Dialna** » et « **Bravo** », il est à noter que ces germes peuvent être à l'origine d'intoxications alimentaires graves. Les résultats des analyses physicochimiques des cinq échantillons montrent que la teneur en extrait sec et la matière minérale sont supérieurs aux valeurs obtenues par d'autres études, alors que les taux de matière grasse et d'humidité sont inférieurs à ces valeurs. L'analyse des chromatogrammes des acides gras montre que les échantillons de marque « **Dialna** » et « **La vache qui rit** » est les plus riches en acides gras. Deux groupes des acides gras sont présentés : acides gras saturés et acides gras insaturés. Les résultats de dosage des minéraux par SAAF montrent la présence de Zn et Cu par des concentrations acceptables.

**Mots clés :** le fromage fondu, analyses microbiologique, analyses physicochimiques, GC-SM, SAA

### Summary :

In Algeria, processed cheese is one of the most popular food products, but its consumption may represent a risk of poisoning when it is contaminated by pathogenic germs. In order to verify the conformity and the sanitary safety of this foodstuff, five randomly selected samples of five brands of processed cheeses marketed in the wilaya of Jijel and which are "**La vache qui rit**" "**Cheezy**", "**Bravo**", "**Dialna**" and "**Super portion**".

The results of the microbiological analysis showed the presence of faecal coliforms, in particular in the sample from the "**La vache qui rit**" mask and the presence of *Staphylococcus aureus* in the samples obtained from the "**Dialna**" and "**Bravo**" masks. Note that these germs can be at the origin of serious food poisoning. The results of physicochemical analyzes of the five samples show that the dry matter content and the mineral content are higher than the values obtained by other studies, whereas the fat and moisture content are lower than these values. Analysis of the chromatograms of fatty acids shows that the brand samples "**Dialna**" and "**La vache qui rit**" are the richest in fatty acids. Two groups of fatty acids are presented: saturated fatty acids and unsaturated fatty acids. The results of assaying minerals by SAAF show the presence of Zn and Cu by acceptable concentrations.

**Key words:** processed cheese, microbiological analyzes, physicochemical analyzes, GC-MS, AASF.

### المخلص

يعد الجبن المطبوخ في الجزائر من المنتجات الغذائية الأكثر شعبية، ولكن استهلاكه قد يمثل خطر التسمم عندما يكون ملوثاً بالجراثيم المسببة للأمراض. من أجل التحقق من المطابقة والسلامة الصحية لهذه المواد الغذائية، تم اختيار خمس عينات مختارة عشوائياً من خمسة أنواع من الأجبان المصنعة في ولاية جيجل والتي هي "**La vache qui rit**" "**Cheezy**", "**Bravo**", "**Dialna**" و "**Super portion**". وأظهرت نتائج التحليل الميكروبيولوجي وجود بكتريا القولون البرازية، خاصة في عينة العلامة التجارية "**La vache qui rit**" ووجود بكتريا *Staphylococcus aureus* في عينات "**dialna**" و "**Bravo**". لاحظ أن هذه الجراثيم يمكن أن تكون في أصل التسمم الغذائي الخطير. تظهر نتائج التحاليل الفيزيائية الكيميائية للعينات الخمس أن محتوى المادة الجافة والمحتوى المعدني أعلى من القيم التي حصلت عليها الدراسات الأخرى، في حين أن محتوى الدهون والرطوبة أقل من هذه القيم. ويبين تحليل كروماتوغرافي للأحماض الدهنية أن عينات العلامة التجارية "دينا" و "البقرة الضاحكة" هي أغنى الأحماض الدهنية. يتم تقديم مجموعتين من الأحماض الدهنية: الأحماض الدهنية المشبعة والأحماض الدهنية غير المشبعة. تظهر نتائج فحص المعادن بواسطة SAAF وجود Zn و Cu بتركيزات مقبولة.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن المطبوخ، التحاليل الميكروبيولوجية، التحاليل الفيزيوكيميائية، GC-MS، SAAF