

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option : Production et Transformation Laitières

Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Thème :

**Analyse physico-chimique et microbiologique du fromage fondu à l'Est
Algérien.**

Présentés par :

- ✓ Barka Rahma
- ✓ Haddad Safa

Devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{me} BENREBIHA Romila	(MAA)	Université de Guelma
Examinatrice :	M ^{me} BENOSMANE Sana	(MCA)	Université de Guelma
Encadreur :	M ^{me} DJAMAA Fatma	(MCB)	Université de Guelma
Co-Encadreur :	M ^{elle} HALLACI Somia	Doctorante	Université de Guelma

Juin 2024

REMERCIEMENTS

Nous commençons tout d'abord par remercier DIEU, le tout puissant, de nous avoir donné du courage, de l'énergie et de la force pour bien mener ce travail.

*La première personne que nous tenons à remercier est M^{me} **BENREBIHA Romila** d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Nos sincères remerciements vont également à notre examinateur M^{me} **BENOSMANE Sana** pour avoir accepté d'examiner notre travail*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur M^{me} **DJAMAA Fatma**, qui a su nous laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de nos travaux, tout en y gardant un œil critique et avisé, aussi pour son dévouement au bon déroulement de notre travail notamment nos essais réalisés en laboratoire et aussi pour tous ses conseils avisés dans de nombreux domaines : scientifiques, techniques, rédactionnels....*

*Nous tenons à remercier mademoiselle la Doctorante et notre co-encadreur **HALLACI Somia**, dont l'aide sur le plan expérimental, notamment nos essais réalisés en laboratoire, qui ont nécessité beaucoup de rigueur, d'assiduité et de patience. Et aussi pour sa gentillesse et sa disponibilité qui ont permis de mener à bout ce projet fin d'étude.*

*Nos chaleureux remerciements vont également à monsieur **BOUDALIA Sofiane** pour sa précieuse aide et son encouragement.*

Dedicace

Je dédie ce mémoire de fin d'études

A Ma très chère mère

Tu me représente la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Tu es ma confidente ma meilleur amie, mon exemple, mon idole.

A Le meilleur papa

Aucune dédicace ne se saurait exprimer l'amour et le respect que j'ai toujours pour toi Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, tu été toujours présent pour me guider tu es vraiment l'exemple de force et de persévérance.

*A mes très chers frères **HAMZA**, **ISLEM** et à la meilleure sœur au monde **IMENE** Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous*

*A ma très chère grand-mère et toute la famille **BELAID***

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils, Je vous aime

A mes copines

***BOUSSAHOUL Sara** malgré la distance tu es toujours dans mon cœur
ABDAOUI Lina Nesrine et **CHIHAOUI Aya** je vous souhaite un avenir plein de joie et de bonheur*

*Sans oublier les meilleurs collègues au monde qui étaient comme des sœurs **LARAÏSSIA Belkiss** et **HEROUD Ines** et ma binome **HADDAD Safa***

*A mademoiselle la Doctorante **HALLACI Somia***

Un remerciement particulier et sincère pour tous vos efforts fournis.

Rahma

Dédicace

Alhamdulillah et merci, ô Dieu, pour la bénédiction de parvenir à ce moment, et pour le succès et la réussite que j'ai reçus de vous.

*Aujourd'hui, je suis diplômé et c'est avec fierté et bonheur que je dédie cet humble travail à ma famille bien-aimée, en particulier à **mes parents**, car c'est à eux que je dois cette réussite.*

***Mon cher père**, qui a fait de grands efforts et qui a été mon soutien dans mon parcours académique, sois assuré que tes efforts et tes faveurs n'ont pas été vains et que j'ai réussi.*

***Ma chère maman**, grâce à tes prières, ton soutien moral et tes encouragements, j'ai réalisé mon ambition et je te dédie aujourd'hui mon diplôme.*

Je ne peux pas compenser vos efforts et Vos fatigues, peu importe combien je vous donne.

Que Dieu vous protège tous les deux, et je vous adresse mes sincères remerciements et ma reconnaissance.

Je dédie aussi :

*A mes deux frères, **ABDERRAHIM** et **HICHEM** que je considère comme mes modèles dans la vie, et je vous remercie beaucoup pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

*A ma sœur unique, ma compagne dans la vie, **KAWTHER** qui a toujours été une source d'énergie positive.*

*A tous mes proches de la famille **HADDAD***

A toutes les personnes qui me connaissent et qui m'aiment.

*Je cite parmi elles Miss **GHANIA**, que je considère comme ma grande sœur*

*A toutes mes amies en particulier : << **DARINE** >>*

*Et sans oublier mon binôme **RAHMA**.*

Safa

SOMMAIRE :

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

Introduction

Chapitre I : Le fromage fondu

1. Définition du fromage	4
2. Intérêt nutritionnel du fromage.....	4
2.1. Equivalence en protides	4
2.2. Valeur nutritionnelle des fromages	5
2.3. La teneur en matière grasse des fromages.....	5
3. Les différents types du fromage	5
3.1. Fromages frais ou à pâte fraîche	5
3.2. Fromages à pâte molle.....	6
3.3. Fromages à pâte pressée	6
3.4. Fromages fondus	6
4. Historique et Définition du fromage fondu	7
4.1. Historique	7
4.2. Définitions réglementaire française du fromage fondu.....	8
5. Les différents types des fromages fondus.....	8
5.1. Fromage fondu de type « bloc ».....	8
5.2. Fromage fondu type « coupe ».....	8
5.3. Fromage fondu tartinable	8
5.4. Fromage fondu ayant une texture « crème »	9
5.5. Fromage fondu toastable (pour refonte).....	9
5.6. Fromage fondu thermostable.....	9
5.7. Fromages frais fondus	9

6.	Composition chimique et valeur nutritionnelle du fromage fondu.....	9
7.	Technologie de fabrication des fromages fondus	10
7.1.	Sélection de la matière première	10
7.1.1.	Matière première laitière	10
7.1.1.1.	Fromage naturel	10
7.1.1.2.	Préfonte	11
7.1.2.	Les matières premières non laitières	11
7.1.2.1.	Les additifs	11
7.1.2.2.	Sels de fonte	11
7.2.	Écroutage, découpage et broyage des fromages.....	11
7.3.	Mélange, cuisson et fonte.....	12
7.4.	Homogénéisation.....	12
7.5.	Stabilisation thermique de la pâte	12
7.6.	Le conditionnement.....	12
7.7.	Refroidissement.....	13
7.8.	L'étiquetage.....	14
7.9.	La conservation du fromage fondu.....	14
8.	Fonte proprement dite.....	14
8.1.	La peptisation	15
8.2.	L'émulsification	15
8.3.	Le crémage	15

Chapitre II : La flore microbienne du fromage

1.	Contrôle de la qualité.....	18
1.1.	Matières premières	18
1.2.	En cours de fabrication.....	18
1.3.	Produits finis	18
2.	Défauts de fabrication de fromage fondu	19

2.1.	Défauts d'origine physico-chimique	19
2.2.	Défauts d'origine microbiologique	22
3.	Les microorganismes de fabrication.....	22
3.1.	Les bactéries.....	22
3.2.	La flore fongique.....	23
3.2.1.	Les levures : <i>Kluyveromyces</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Debaryomyces</i> , <i>Candida</i> et <i>Yarrowia</i>	23
3.2.2.	Moisissures : <i>Penicillium camemberti</i> , <i>Penicillium roqueforti</i> et <i>Mucor</i> ...	23
4.	Micro-organismes d'altération et pathogéniques du fromage	23
4.1.	Les bactéries.....	23
4.2.	<i>Salmonella spp</i>	24
4.3.	<i>Staphylococcus aureus</i>	24
4.4.	<i>Escherichia coli</i>	24
4.5.	<i>Listeria monocytogenes</i>	25

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1.	Matériel biologique.....	28
2.	Les analyses physico-chimiques du fromage fondu	29
2.1.	Mesure de pH	29
2.2.	Détermination de l'acidité Dornique.....	30
2.3.	Mesure de l'extrait sec (ES).....	30
2.5.	Détermination de la teneur en matière minérale	31
2.6.	Détermination de la teneur en matière organique	32
2.7.	Détermination du taux d'humidité	32
2.8.	Mesure le degré Brix	33
3.	Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques...	33
3.1.	Préparation de la solution mère.....	33

3.2.	Préparation des dilutions décimales	33
4.	Les analyses microbiologiques	34
4.1.	Recherche dénombrement de la flore aérobie mésophile Totale	34
4.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	36
4.3.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	38
4.4.	Recherche de <i>Salmonella</i>	41
4.5.	Recherche des Staphylocoques pathogènes	42
4.6.	Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	43
4.7.	Recherche de <i>Listeria monocytogenes</i>	45
4.8.	Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	46
5.	Identification des germes.....	47
5.1.	Examen microscopique bactériologique	47
5.2.	Etude biochimique.....	48
5.3.	La galerie API	48

Chapitre II : Résultats et discussion

1.	Résultats des analyses physico-chimiques	52
1.1.	Mesure de pH	52
1.2.	Détermination de l'acidité titrable.....	53
1.3.	Mesure de l'extrait sec total et l'humidité.....	54
1.4.	Détermination de taux de cendre.....	55
1.5.	Détermination de la teneur en matière minérale	56
1.6.	Détermination de la teneur en matière organique	57
1.7.	Mesure le degré Brix	58
2.	Résultats des analyses microbiologiques	61
2.1.	Dénombrement de la flore aérobie mésophile Totale (FAMT).....	61
2.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	63
2.3.	Le dénombrement des streptocoques totaux et fécaux.....	65

2.4.	Recherche de <i>Salmonella</i>	67
2.5.	Dénombrement des Staphylocoques	68
2.6.	Dénombrement des <i>Clostridium</i> Sulfito- Réducteur.....	70
2.7.	Recherche de <i>Listeria monocytogenes</i>	71
2.8.	Le dénombrement des levures et moisissures	72
3.	Recherche et identification des germes pathogènes	74
3.1.	Caractères morphologiques et coloration de Gram de différents germes isolés	74
3.2.	Résultats de l'identification biochimique.....	76
3.3.	Identification par les API systèmes	76

Conclusion

Références

Annexes

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des Figures

Figure 1: Diagramme de fabrication du fromage fondu (Boutonnier, 2000).	16
Figure 2: Recherche dénombrements de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT).	35
Figure 3: Recherche et dénombrement des coliformes dans le fromage fondu par la méthode du nombre le plus probable.	38
Figure 4: Recherche et dénombrements des streptocoques totaux et fécaux.	40
Figure 5: Recherche et dénombrements des Salmonelles.	42
Figure 6: Recherche et dénombrement des staphylocoques.	43
Figure 7: Recherche et dénombrements des <i>Clostridium</i> Sulfito-Réducteurs (CRS).	44
Figure 8: Recherche et dénombrements des <i>Listeria monocytogenes</i>	46
Figure 9: Recherche et dénombrements des levures et moisissures.	47
Figure 10: Galerie API 20 ^E	50
Figure 11: Galerie API Staph.	50
Figure 12: Variation du pH des échantillons de fromage industriel.	52
Figure 13: Variation du pH des échantillons du fromage artisanal.	52
Figure 14: Variation de l'acidité titrable des échantillons du fromage industriel.	53
Figure 15: Variation de l'acidité titrable des échantillons du fromage artisanal.	53
Figure 16: Variation de L'extrait sec total et l'humidité de fromage industriel.	54
Figure 17: Variation de L'extrait sec total et l'humidité de fromage artisanal.	54
Figure 18: Variation de taux de cendre du fromage industriel.	55
Figure 19: Variation du taux de cendre du fromage artisanal.	55
Figure 20: Variation du teneur en matière minérale du fromage industriel.	56
Figure 21: Variation du teneur en matière minérale du fromage artisanal.	56
Figure 22: Variation du teneur en matière organique du fromage industriel.	57
Figure 23: variation du teneur en matière organique du fromage artisanal.	57
Figure 24: Variation du degré Brix du fromage industriel.	58
Figure 25: Variation du degré Brix du fromage artisanal.	58
Figure 26: Variation du niveau de contamination par la flore totale mésophile dans les échantillons du fromage fondu industriel.	61
Figure 27: Variation du niveau de contamination par la flore totale mésophile dans les échantillons du fromage fondu artisanal.	62
Figure 28: Dénombrement de la flore mesophile totale.	63

Figure 29: Variation du niveau de contamination moyenne par les coliformes totaux et fécaux entre les échantillons de fromage artisanal.	64
Figure 30: Test d'indole.....	65
Figure 31: Variation du niveau de contamination moyenne par les Streptocoques totaux et fécaux entre les échantillons de fromage artisanal.....	66
Figure 32: Résultat du <i>salmonella</i>	68
Figure 33: Variation du niveau de contamination moyenne par les Staphylocoques entre les échantillons de fromage artisanal.....	69
Figure 34: Dénombrement des staphylocoques.....	69
Figure 35: Résultat dénombrement des <i>Clostridium</i> Sulfito-Réducteur.	71
Figure 36: Dénombrement de la <i>Listeria monocytogenes</i>	72
Figure 37: Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage industriel.	73
Figure 38: Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage artisanal.....	73
Figure 39: Dénombrement des levures et des moisissures.....	74
Figure 40 : Profil biochimique de la souche <i>Salmonella arizonae</i>	77
Figure 41 : Profil biochimique de la souche <i>Salmonella spp.</i>	77
Figure 42 : Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus xylosus</i>	77
Figure 43 : Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus hominis</i>	77
Figure 44 : Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus auricularis</i>	77

Liste des Tableaux

Tableau 1: Composition moyenne de différents types du fromage pour 100 g (Luquet, 1986).	5
Tableau 2: Le pourcentage de matière grasse indiquée sur l'étiquetage est calculé par rapport à l'extrait sec du fromage (Luquet, 1986).....	5
Tableau 3: Composition moyenne de fromage fondu (Bechlem et <i>al.</i> , 2018).....	10
Tableau 4: Principaux défauts d'origine physico-chimique des fromages fondus (Benamara, 2017).....	20
Tableau 5: Gamme des échantillons analysés (fromages industriels).....	28
Tableau 6: Gamme des échantillons analysés (fromages artisanaux).....	29
Tableau 7: Les différents germes recherchés et le mode de recherche.	34
Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des fromages analysés.	60
Tableau 9 : Dénombrement de la flore mésophile totale du fromage industriel.....	61
Tableau 10 : Dénombrement de la flore mésophile totale du fromage artisanal.	62
Tableau 11: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux du fromage industriel.	64
Tableau 12 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux du fromage artisanal.	64
Tableau 13: Dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux du fromage industriel.	66
Tableau 14 : Dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.	66
Tableau 15: Résultats de <i>Salmonella</i> du fromage industriel.....	67
Tableau 16: Résultats de <i>Salmonella</i> du fromage artisanal.	67
Tableau 17: Dénombrement des staphylocoques du fromage industriel.	68
Tableau 18 : Dénombrement des staphylocoques du fromage artisanal.	68
Tableau 19: Dénombrement de <i>Clostridium</i> Sulfito- Réducteur du fromage industriel.....	70
Tableau 20: Dénombrement de <i>Clostridium</i> Sulfito- Réducteur du fromage artisanal.	70
Tableau 21: Dénombrement de <i>Listeria monocytogenes</i> du fromage industriel.....	71
Tableau 22: Dénombrement de <i>Listeria monocytogenes</i> du fromage artisanal.	71
Tableau 23: Dénombrement des levures et des moisissures du fromage industriel.....	72
Tableau 24: Dénombrement des levures et des moisissures du fromage artisanal.	73
Tableau 25: Aspect macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées. ..	74
Tableau 26 : Résultats des essais biochimiques des staphylocoques.....	76
Tableau 27: Résultats de l'identification par les API systèmes (API 20 E, API Staph).....	76
Tableau 28: Les résultats microbiologiques des fromages analysés (Récapitulatif).....	78

Liste des Abréviations

% : Pourcents

°C : Degré Celsius

°D : Degré dornic

ADH : Arginine déshydrogénase

API 20^E : Analytical Profile Index 20 caractères pour les entérobactéries

API Staph: Analytical Profile Index

API: Analytical Profile Index.

AT : Acidité Titrable

CF : Coliformes fécaux

Cl₂ : Dichlorure

CO₂ : Dioxyde de carbone

CRS : *Clostridium Sulfito-Reducteurs*

CT : Coliformes totaux

D/C : Double concentration

E : Echantillon

E. coli : *Escherichia coli*

EST : Extrait sec total

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale

G : Grammes

H : Heure

H : Humidité

H₂S : Hydrogène sulfureux

J : Jour

JORA : Journal Officiel République Algérienne

MGES : Pourcentage de la Matière Grasse dans l'Extrait Sec

MM : Matière minérale

MO : Matière organique

MS : Matière sèche

Na Cl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NPP : Nombre le plus probable

PCA : Plate Count Agar

pH : Potentiel hydrogène

SFB : Bouillon Sélénite Cystéine.

STEC : *Escherichia coli* de shigatoxines

TC : Taux de cendres

TDA : Tryptophane Décarboxylase.

TEFD : Teneur En Eau Dans Le Fromage Dégraissé

TSE : Tryptone Sel Eau

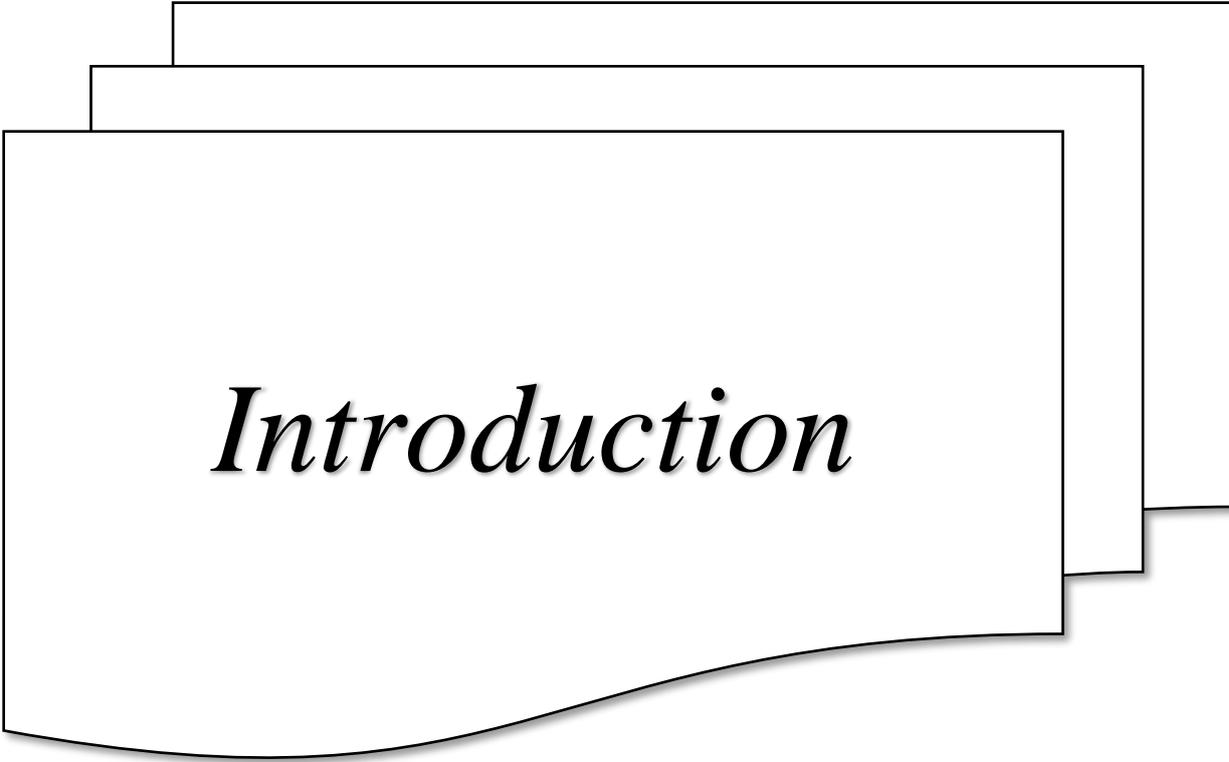
UFC : Unité formant colonie

UHT : Upérisation à haute température

VF : Viande-Foi

VP : Voges –Proskauer

VTEC : *Escherichia coli* productrices de veterotoxines



Introduction

Le lait et les produits laitiers représentent l'un des aliments élémentaires pour toutes les catégories d'âge de la population, en raison de leurs composantes biologiques, qui est à la base de la promotion et le maintien d'une alimentation rationnelle des populations. Ce qui a fait que la production mondiale de lait a augmenté de 1.6 % en 2018, atteignant 838 Mt (**FAO, 2019**).

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an soit une moyenne de 120L/hab/an. Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, cela est dû aux traditions alimentaires, à la valeur nutritive du lait, à sa substitution aux viandes relativement chères et au soutien de l'Etat (**Berrehal, 2020**).

Le lait, matière première de l'industrie laitière, fait l'objet de différentes biotransformations en produits dérivés, ayant des propriétés sensorielles et nutritionnelles meilleures que celles du produit de départ. Les fromages constituent le groupe de produits laitiers le plus nombreux et le plus diversifié, fournissant des nutriments précieux : des protéines, des vitamines et des minéraux de hautes qualités dans l'alimentation humaine (**Berrehal, 2020**).

Le fromage est un moyen très ancien pour la conservation du lait. L'étape clé de la réussite d'un fromage est la coagulation. Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques (**Berrehal, 2020**).

Parmi les fromages les plus consommés dans l'univers et notamment en Algérie est le fromage fondu qui est le fromage le plus cher, et le principal fromage produit dans le pays et largement consommé (**Boudene et al., 2020**).

Les fromages fondus sont commercialisés sous plusieurs types : tartinables, en bloc et semi-liquides. Ils sont également déclinés en plusieurs saveurs (**Benamara, 2017**).

Certaines entreprises disposent de moyens efficaces, mais de nombreux fabricants n'ont pas une maîtrise totale de l'hygiène.

Il y a donc un intérêt à évaluer le risque sanitaire lié à la consommation du fromage fondu en Algérie. Ainsi, ce type de fromage peut être la cause de toxi infections alimentaires collectives. En fait, selon les statistiques du ministère algérien du commerce les produits laitiers sont impliqués dans 9,83% des cas d'intoxications alimentaires collectives en 2015 avec 19,56% des cas dont l'agent causal reste indéterminé. La qualité microbiologique du fromage fondu

n'est pas normalisée en Algérie, il est classé avec les fromages à pâte molle. Ainsi, les micro-organismes recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfito-réducteurs, *Salmonella* et *Listeria monocytogenes* (**Benamara, 2017**).

L'objectif de notre travail consiste à contrôler et évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de différents types du fromage fondu industriels et artisanaux.

Notre travail est structuré en deux parties :

- Dans la première partie, une synthèse bibliographique de notre étude subdivisée en deux chapitres :
- Le premier chapitre comporte une généralité sur les fromages et traite leur différents types, et leur intérêt nutritionnelle et nous informés sur les fromages fondus, leurs technologie de fabrication, la composition chimique et la valeur nutritionnelle. en a plus détaillé sur la microbiologie du fromage fondu et les défauts de fabrication qui fait l'objet de notre étude.
- Le deuxième chapitre comporte la flore microbienne du fromage en a plus détaillé sur la microbiologie du fromage fondu et les défauts de fabrication qui fait l'objet de notre étude.
- Et dans la deuxième partie, la partie expérimentale où nous avons analysé ce type de fromage, dans le but de connaître ses paramètres physico-chimiques et sa qualité microbiologiques et pour cela on a été amené à étudier les fromages fondus UHT et plusieurs types des fromages artisanaux, suivi par les résultats et discussion des résultats obtenus et nous avons terminé par une conclusion.



Chapitre I :
Le fromage fondu

1. Définition du fromage

Le fromage selon la norme codex est le produit affiné ou non affiné de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure, qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéine de lactosérum (caséine) ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action du présure ou d'autres agents coagulants appropriées et par égouttage partielle de lactosérum résultant de cette coagulation; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celle de la définition précédente (**Khelloufi, 2015**).

2. Intérêt nutritionnel du fromage

Le fromage est le plus ancien mode de conservation du lait : il est né à partir de recettes empiriques qui sont toujours utilisées à l'heure actuelle. La réglementation française précise que le mot fromage est réservé au produit fermenté ou non, obtenu par coagulation du lait, de la crème, de lait écrémé ou leur mélange, suivie d'égouttage.

Le pourcentage minimum d'extrait sec est de 23%.

Cependant certains fromages ont une teneur en matière sèche de 15% et doivent porter la mention obligatoire « plus de 82% d'humidité » ; ceux qui ont une teneur en matière sèche de 11% ont une mention obligatoire « plus de 85% d'humidité » (**Luquet, 1986**).

2.1. Equivalence en protides

Le fromage est aliment protidique par excellence. La teneur en protides varie de 10 à 30%.

Le coefficient d'utilisation digestive est supérieur à celui du lait, car les protéines sont pré-digérées par une protéolyse bactérienne.

❖ **Le coefficient d'utilisation digestive : Lait : 90% fromage : 97 à 98%**

❖ **Les équivalences en calcium pour ¼ de litre de lait :**

- 2 yaourts
- 50 g viande/poisson
- 100 g de fromage frais
- 50 g de camembert
- 30 à 40 g d'emmental

La teneur varie de 100 à 1400 mg/100 g

Les fromages les plus riches sont ceux à « pâtes dures » : Emmental, beaufort, Comté.

2.2.Valeur nutritionnelle des fromages

Tableau 1: Composition moyenne de différents types du fromage pour 100 g (Luquet, 1986).

	% en protéines	% en lipides	Calcium mg/100 g	Kcal/100 g
Fromage frais	10	0 à 9	100 à 160	50 à 150
Pâte molle	20	20 à 28	150 à 380	260 à 350
Pâte pressée non cuite	24 à 27	24 à 29	657 à 865	326 à 384
Pâte pressée cuite	27 à 29	28 à 30	900 à 1100	390 à 400
Pâte persillée	20	27 à 32	722 à 870	414

2.3.La teneur en matière grasse des fromages

Tableau 2: Le pourcentage de matière grasse indiquée sur l'étiquetage est calculé par rapport à l'extrait sec du fromage (Luquet, 1986).

	Fondu 45%	Fromage frais 45%	Camembert 45%	Comté 45%	Roquefort 52%
% eau	48	80	55	38	44
Extrait sec	52	20	45	62	56
Matière grasse/100 g	$52*45=23\text{g}$	$20*45= 9\text{ g}$	$45*45= 20\text{ g}$	$62*45= 28\text{ g}$	$56*52= 29\text{ g}$

3. Les différents types du fromage

En fonction de ces diverses opérations, on distingue plusieurs types de fromages.

3.1.Fromages frais ou à pâte fraîche

Ce sont des fromages à égouttage obtenus par centrifugation ou filtration. Ils subissent essentiellement une fermentation lactique (cependant il y a souvent une légère action de la présure) et ne sont pas affinés. Leur humidité est élevée (70 à 75%). Ils sont obtenus avec des laits pasteurisés (sauf dérogations) et sont conservés au froid. (Exemples : Petit-Suisse, fromage Demi-Sel, etc.) (Guiraud, 2012).

3.2.Fromages à pâte molle

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée : l'égouttage est lent et réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage.

Leur humidité est moyenne (50 à 55%). Leur conservation est améliorée par le froid. On distingue :

- Les fromages à pâte molle moussée, généralement à croûte moisie (Camembert, Brie, Carré De l'Est, etc.).
- Les fromages à pâte molle et à croûte lavée (Munster, Livarot, Pont-l'Évêque, etc.).
- Les fromages à pâte molle persillées (à moisissures internes) (Roquefort et autres bleus», etc.) (**Guiraud, 2012**).

3.3.Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, et qui sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression. Leur humidité est moyenne (45 à 50% pour les pâtes non cuites) ou faible (35 à 40% pour les pâtes cuites ou très brassées). Leur conservation est améliorée par le froid. On distingue :

- Les fromages à pâte ferme non cuite (pâte pressée et broyée) (Cantal, etc.)
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte lavée (St Paulin, Reblochon, etc.).
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte moisie (St Nectaire, Tomme de Savoie, etc.).
- Les fromages à pâte pressée non cuite et à croûte artificielle (Edam, etc.).
- Les fromages à pâte pressée cuite avec ouverture (Emmenthal, Comté, etc.).
- Les fromages à pâte pressée cuite sans ouverture (Beaufort, etc.).
- Les fromages à pâte pressée très dure (très brassés) (Cheddar, etc.) (**Guiraud, 2012**).

3.4.Fromages fondus

Il s'agit de préparations issues de la fonte de fromages généralement à pâte pressée (**Guiraud, 2012**).

4. Historique et Définition du fromage fondu

4.1. Historique

Le fromage fondu est produit laitier relativement jeune et moderne puisqu'il a été inventé en Suisse vers 1910, par la société GERBER à THUN (**Luquet, 1985**).

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

Depuis, les quantités croissantes de matières premières fromagères utilisées par l'industrie de la fonte en ont permis une meilleure sélection quantitative des fromages à consommer en l'état, tant il est vrai que pour certains fromages comme l'Emmental, le Comté par exemple, l'aspect à la coupe est un critère primordial d'appréciation qualitative, alors que des pièces de moins belle présentation ou ayant eu des « accidents » ont le plus souvent des qualités organoleptiques très satisfaisantes (**Luquet, 1985**).

Enfin, on s'est vite aperçu :

- D'une part, pour les pays occidentaux, des possibilités très importantes de diversifications du fromage fondu, tant dans ses présentations que dans ses qualités gustatives, ce qui a permis un développement important du marché.

- D'autre part, que le fromage fondu était un produit alimentaire fromager particulièrement bien adapté aux besoins des pays chauds où les autres fromages rencontrent de sérieux problèmes et ne peuvent guère être offerts aux consommateurs locaux avec une qualité convenable (**Luquet, 1985**).

Il est important de préciser également que non seulement les méthodes originelles de fabrication réalisant une simple pasteurisation, mais bien sûr, l'extension à la stérilisation et au traitement UHT. Font du fromage fondu un produit alimentaire présentant d'importantes qualités hygiéniques (**Luquet, 1985**).

4.2. Définitions réglementaire française du fromage fondu

Le décret de 1988 de la réglementation française donne la définition suivante pour le fromage fondu : « Produit de la fonte du fromage ou d'un mélange de fromages, additionnés éventuellement d'autres produits laitiers, présentant une teneur minimale en matière sèche de 43 % du produit fini et une teneur en matière grasse de 40 % du produit après complète dessiccation ». Un nouveau décret doit paraître pour entériner une nouvelle teneur réglementaire de 40 % minimum en extrait sec. Pour les fromages fondus allégés, la teneur minimale en matière sèche peut être abaissée jusqu'à 31% du produit fini et la teneur en matière grasse doit être comprise entre 20% et 30% du produit après complète dessiccation. Malgré des efforts de coordination aux échelles européenne et mondiale (**CODEX**), les réglementations nationales recèlent encore de nombreux particularismes (**Chambre et al., 2004**).

5. Les différents types des fromages fondus

Les produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en sept familles classées ici par ordre d'apparition sur le marché mondial :

5.1. Fromage fondu de type « bloc »

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée (**Richonnet, 2016**).

5.2. Fromage fondu type « coupe »

Moins ferme que le bloc, mais non tartinable. Il contient 3 à 4 % de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherchée, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques (**Roustel, 2014**).

5.3. Fromage fondu tartinable

C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Cette famille représente la majeure partie du marché français. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes). Ils existent principalement sous trois formes : la portion aluminium (la plus répandue), la présentation en barquette (ou en verrine) et, plus marginale, la présentation en tube (**Roustel, 2014**).

5.4.Fromage fondu ayant une texture « crème »

Ils possèdent généralement un ratio caséines sur protéines totales plus faible que les fromages fondus tartinables. Ils conservent une propriété d'écoulement à température ambiante (caractère visqueux) et sont généralement conditionnés en barquettes, pots, tubes (**Roustel, 2014**).

5.5.Fromage fondu toastable (pour refonte)

Originnaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle. Ils peuvent être produits à partir de fromages fondus de type « bloc », mais aussi après coulage dans un film plastique, suivi d'un refroidissement rapide, d'une préparation fromagère fondue dont la texture est obtenue, entre autres, par la gélification d'un hydro colloïde (carraghénanes en général) (**Boutonnier, 2000 ; Roustel, 2014**).

5.6.Fromage fondu thermostable

Issu d'une demande extrême-orientale, à l'inverse du précédent, ce fromage fondu ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé et les blocs obtenus sont découpés puis incorporés dans des plats cuisinés à base de légumes ou de poissons. Ces préparations peuvent être appertisées, et les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation (**Oliveira et al., 2016 ; Richonnet, 2016**).

5.7.Fromages frais fondus

Ces fromages fondus sont obtenus à partir de fromages non affinés. De ce fait, ils présentent des caractéristiques sensorielles très différentes des autres produits. De texture courte et tartinable, ils sont généralement de couleur blanche et ont des saveurs plus lactiques (**Roustel, 2014**).

6. Composition chimique et valeur nutritionnelle du fromage fondu

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent (**Tableau 03**) (**Bechlem et al., 2018**).

Tableau 3: Composition moyenne de fromage fondu (Bechlem et al., 2018).

Composants	Contenue dans 100 g de fromage fondu	
	45% de matières grasses dans le solide total	65% de matières grasses dans le solide total
Eau	51.3%	50.6%
Matière grasse	23.6%	30.4%
Protéines	14.4%	13.2%
Sodium	1.26mg	1.01 mg
Potassium	65.0mg	108.0 mg
Calcium	547.0mg	355.0 mg
Phosphore	944.0mg	795.0 mg
Vitamine A	0.30mg	-
Vitamine D	3.13µg	-
Vitamine B1	34.0µg	40.0µg
Vitamine B2	0.38mg	0.35 mg
Acide pantothénique	0.52mg	0.47 mg
Vitamine B6	70.0 µg	80.0 µg
Biotine	3.60µg	2.80 µg
Acide folique	3.46µg	3.40 µg
Vitamine B12	0.25µg	0.25 µg
Vitamine C	Traces	Traces
Valeur énergétique	1178/282	1490/339
(KJ/Kcal)	1125/268(=95%)	1354/323(=95%)

7. Technologie de fabrication des fromages fondus

7.1.Sélection de la matière première

7.1.1. Matière première laitière

7.1.1.1.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 (Bechlem et al., 2018).

7.1.1.2.Préfonte

Il s'agit de 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**).

7.1.2. Les matières premières non laitières

Elles peuvent être utilisées à des fins économiques ou nutritionnelles et être source de matière grasse et/ou de protéine. Toutefois, s'il y a incorporation de matières grasses et/ou protéiques non laitières, les produits obtenus ne peuvent prétendre à la dénomination "fromage fondu". Les matières grasses végétales à base de palme, coco, soja seront utilisées à des fins économiques alors que les huiles d'olive et de colza le seront à des fins nutritionnelles (équilibre d'acides gras saturés/insaturés). Les protéines végétales, dont les protéines de soja, les plus classiques, peuvent être utilisées pour leurs propriétés culturelles ou économiques mais leur propriété organoleptique reste un frein à leur utilisation. D'autres matières premières non laitières peuvent être utilisées dans un but d'aromatisation (aromates, épices, fruits et légumes) et ce, dans une limite de 30 % en poids du produit fini (**Chambre et al., 2004**).

7.1.2.1.Les additifs

Les additifs technologiques majeurs utilisés en technologie fonte sont constitués de sels de fonte (essentiellement famille des phosphates de sodium et citrate de sodium). D'autres additifs autorisés par la réglementation européenne (directive européenne 95/2/CE) peuvent être utilisés en tant que gélifiants, épaississants, émulsifiants (**Chambre et al., 2004**).

7.1.2.2.Sels de fonte

Les sels de fonte sont des agents importants pour la fabrication de fromages fondus, ils sont d'ailleurs à l'origine de l'industrie de la fonte. D'une façon générale, ils joueront en priorité un rôle important au niveau de l'échange d'ions, mais on leur demande d'intervenir également à d'autres niveaux de la fabrication allant même jusqu'à la conservation du produit fini (**Roussel, 2014**).

7.2.Écroutage, découpage et broyage des fromages

L'écroutage se fait par raclage ou brossage mais des techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaude sous pression par exemple. Le broyage est une étape importante du traitement de matières premières, car il est indispensable de dissoudre les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène. Dans certains cas la matière première peut même être laminée pour être transformée en très fines brisures.

7.3.Mélange, cuisson et fonte

Le plus souvent, le mélange est effectué dans deux pré mélangeurs fonctionnant à la manière alternative afin d'assurer un fonctionnement continu de la ligne de fabrication. L'homogénéité du mélange est fondamentale pour assurer une bonne qualité du produit fini ; elle est notamment fonction du matériel, de l'intensité des forces de cisaillement générées par les systèmes d'agitation (agitateurs a pales, a rubans concentriques ou excentriques), ainsi que de la durée du traitement. Deux paramètres sont fondamentaux : la température et le temps de fonte (**Roustel et al., 2015**).

7.4.Homogénéisation

La masse fondue doit être homogénéisée avec des pressions variant entre 5 et 15 mPa. L'homogénéisation a un certain nombre d'effets :

- Amélioration de la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ;
- Amélioration de la consistance, de la structure, de l'apparence et de l'onctuosité des spécialités fromagères ;
- Favorise une dispersion plus fine des globules gras ;
- Favorise généralement l'épaississement.

Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les produits à teneur élevée en matière grasse (**Chemache, 2011**).

7.5.Stabilisation thermique de la pâte

Deux possibilités s'offrent aux industriels : soit une pasteurisation, soit 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. En pratique, les températures rencontrées s'échelonnent de 70 °C pour des produits finis à pouvoir de refonte élevé jusqu'à 140 °C voire 145 °C, pour des fromages fondus tartinables (**Boutonnier, 2000**).

7.6.Le conditionnement

Dans les premiers temps, la pâte de fromage fondu se conditionnait à la main, en portions triangulaires, sous feuilles mince d'étain. Aucune laque thermoscellable n'assurait l'étanchéité mais la feuille d'étain était suffisamment malléable pour abriter le produit.

Depuis, des machines de plus en plus sophistiquées ont été produites, permettant de sortir 60, 80, 100, 200, 400 et même 800 portions à la minute (**Luquet, 1985**).

A ces cadences, l'automatisation doit naturellement être complète, non seulement pour le dosage et la fermeture des feuilles d'aluminium thermoscellables utilisées, mais aussi pour la mise en boîte à chaud des portions produites (**Luquet, 1985**).

Cette automatisation du conditionnement permet de réduire considérablement les risques de contamination de la pâte après les opérations de pasteurisation ou de stérilisation.

Si l'image traditionnelle du fromage fondu est donnée par la boîte ronde contenant un certain nombre de portions triangulaires, la diversification de la présentation a été très importante depuis quelques années. Non seulement les portions sous aluminium sont également carrées, rectangulaires, rondes ou en petites bouchées pour apéritifs, mais on trouve aussi des tranches à toaster, sous film transparent, des blocs ou pains cylindriques à découper par le crémier et aussi des conditionnements en boîtes métalliques ou verres types moutarde et diverses autres présentations originales (**Luquet, 1985**).

Bien entendu, à chaque type de conditionnement est adapté le produit qui convient : pâte plus ou moins grasse, épaisse ou liquide, obtenue grâce aux choix des matières premières convenable et en modulant en conséquences les divers paramètres du processus de fabrication.

Après le conditionnement, une phase importante est celle du refroidissement qui doit se faire rapidement mais sans trop de brutalité pour des condensations d'eau qui pourraient se produire à l'extérieur des emballages (**Luquet, 1985**).

7.7.Refroidissement

Le mode de refroidissement du fromage fondu varie selon le format et le type du produit. Dans la majorité des cas, le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement enzymatique de la pâte. Cette vitesse de refroidissement varie avec la taille du produit et son système d'emballage. Dans le cas du fromage fondu tartinable, un refroidissement rapide s'impose de manière à interrompre le processus de crémage plus ou moins intense et conserver au produit une structure courte indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante. Ce refroidissement peut se faire par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus dans des tunnels de refroidissement. (**Boutonnier, 2000**).

7.8.L'étiquetage

Cette étape est nécessaire, elle vient directement après l'étape de refroidissement. Selon **(Luquet, 1986 ; Commission du Codex Alimentarius, 1999)**, plusieurs notions doivent être mentionnées sur l'étiquetage :

- Nom du produit -pays d'origine.
- La teneur en matière grasse dans l'extrait sec.
- Liste des ingrédients.
- Le nom et l'adresse du fabricant, de l'emballage, du distributeur, de l'exportateur ou du vendeur de produit doivent être déclarés.
- La date de fabrication et de péremption du produit.
- La température de conservation (entre 10 et 15°C) **(Guidou et al., 2020)**.

7.9.La conservation du fromage fondu

Malgré ses qualités exceptionnelles de conservation sous tous les climats, certaines précautions élémentaires doivent être prises pour la conservation, le transport, et la distribution du fromage fondu, notamment en ce qui concerne les pays chauds :

- Eviter l'écrasement par surcharge et le mouillage, surtout lorsqu'il s'agit de boîtes en carton.
- Eviter l'exposition au soleil et le stockage à une température trop élevée, l'idéal se situant à 8-12°C.
- Eviter surtout les brusques changements de température, notamment le passage brutale du froid au chaud, ce qui provoque des condensations détériorant particulièrement les emballages en carton **(Luquet, 1985)**.

8. Fonte proprement dite

L'opération de fonte consiste en un broyage, malaxage, traitement thermique et épaissement éventuel d'un mélange de matières premières afin d'obtenir une pâte homogène stable chimiquement et microbiologiquement sur une durée plus ou moins longue pouvant aller de 3 à 12 mois.

En terme biochimique, la fonte se caractérise par l'obtention d'une émulsion aussi stable que possible, selon deux étapes indispensables : la peptisation et l'émulsification. Une troisième étape, dénommée crémage, peut succéder aux précédentes, elle permet la formation d'interactions inter et intra protéique complémentaires **(Chambre et al., 2004)**.

8.1.La peptisation

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

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

8.2.L'émulsification

Sous l'action de la chaleur et de l'action mécanique, la matière grasse est dispersée en fines gouttelettes dans la phase aqueuse protéique constituant ainsi une émulsion stable. Les fines gouttelettes de matière grasse sont stabilisées par une interface protéique et réparties dans un milieu plus ou moins visqueux qui contribue à la stabilité du système (**Chambre et al., 2004**).

8.3.Le crémage

Cette étape, au cours de laquelle le fromage fondu est soumis à l'action de la chaleur et de l'agitation, a pour conséquence, l'augmentation de la viscosité et contribue ainsi à la stabilité du système. Le crémage correspond à une réorganisation des chaînes protéiques par l'intermédiaire de liaisons biochimiques intra et inter chaînes. Dans cette étape le rôle des minéraux est primordial.

Ces trois étapes qui, pour la compréhension, sont traitées séparément ci-dessus, sont plus ou moins simultanées suivant le procédé de fabrication utilisé (**Figure 1**) (**Chambre et al., 2004**).

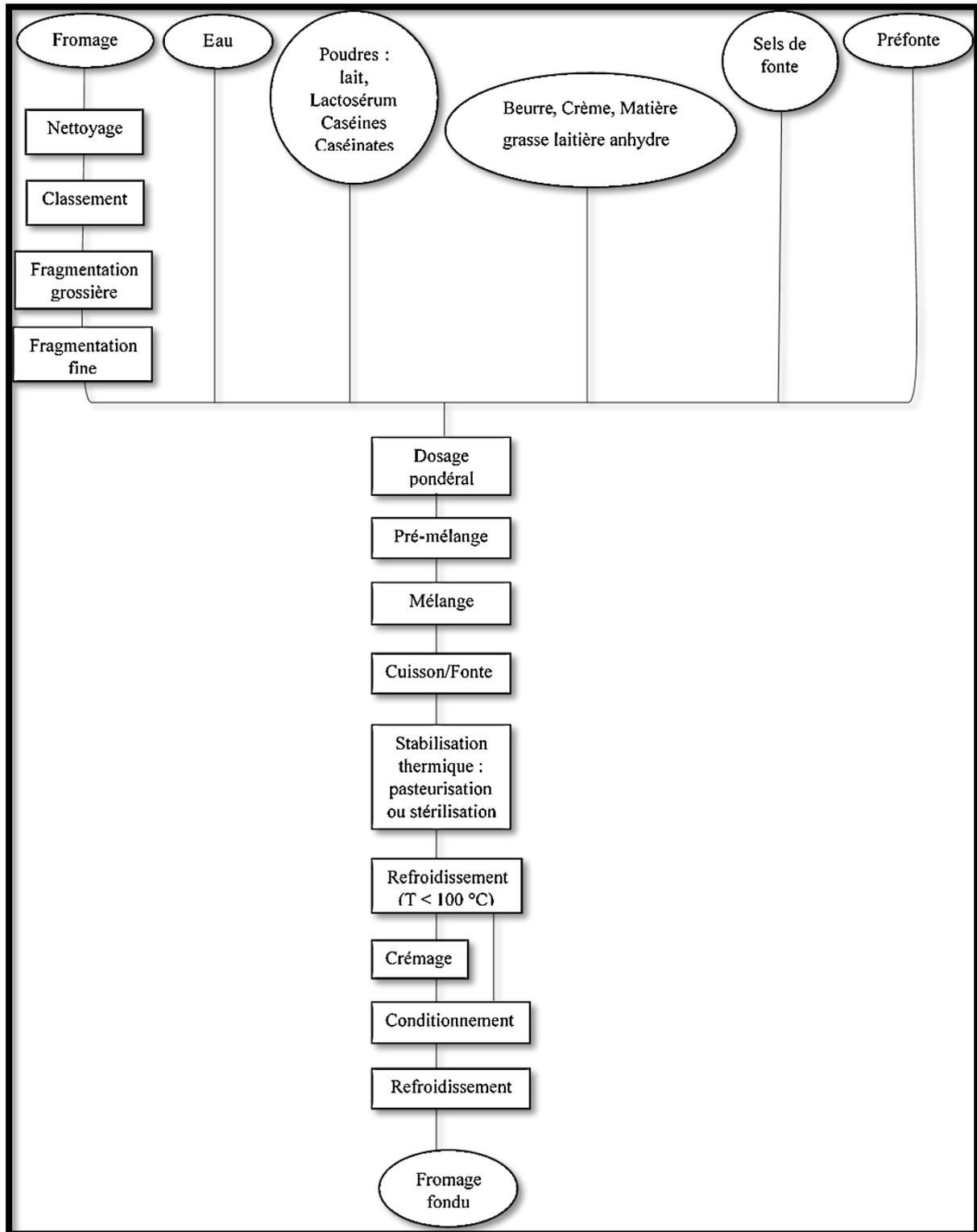
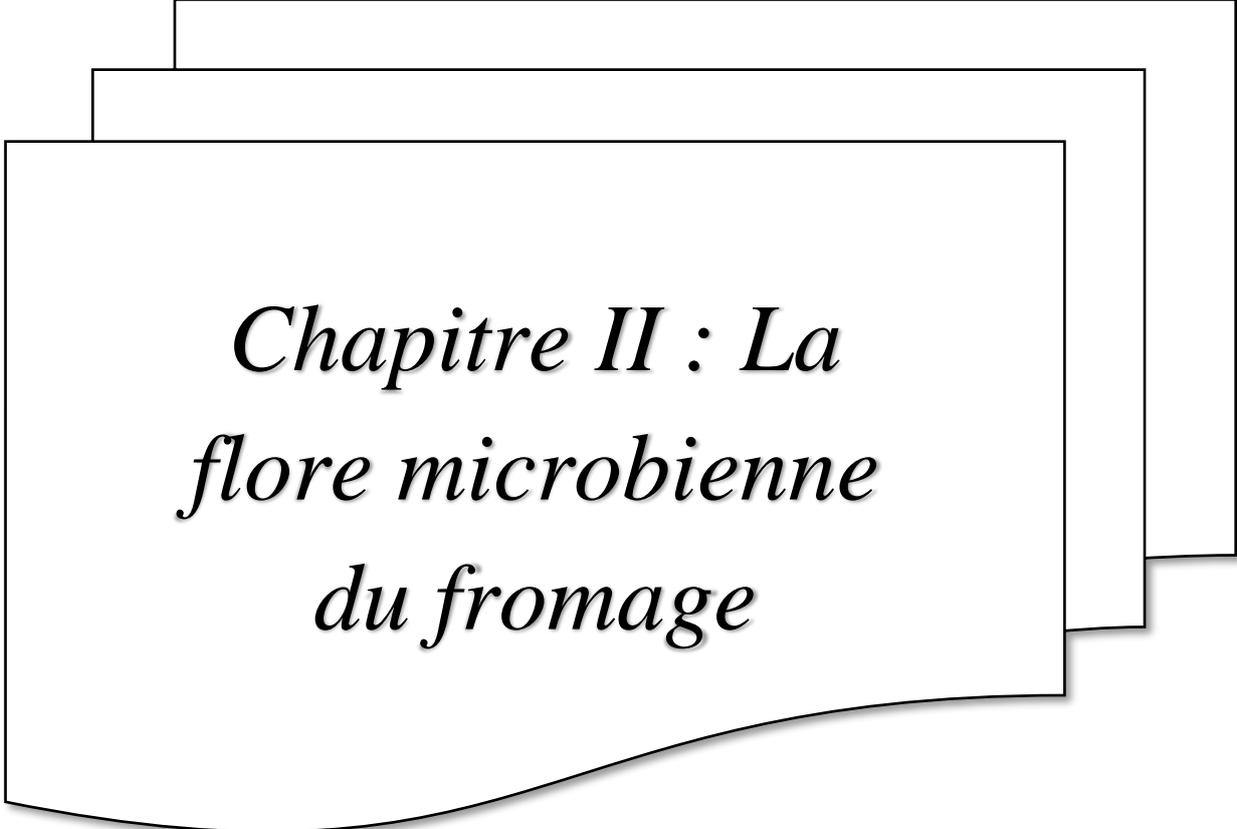


Figure 1: Diagramme de fabrication du fromage fondu (Boutonnier, 2000).



*Chapitre II : La
flore microbienne
du fromage*

1. Contrôle de la qualité

1.1.Matières premières

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication.

- Plan physico-chimique : pH, extrait sec et matière grasse.

Il est également souhaitable de réaliser une analyse de la teneur en caséine relative, notamment pour les fromages affinés (pourcentage d'azote précipité par l'alun potassique) et de vérifier l'absence de contaminants.

- Plan organoleptique : aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur.
- Plan bactériologique : estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés (**Boutonnier, 2000**).

1.2.En cours de fabrication

Aux principales étapes du procédé de fonte, plusieurs paramètres doivent être suivis.

- Préparation, dosage : respect des proportions des ingrédients par contrôle des masses des ingrédients respectifs.
- Pré-mélange, mélange : homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si possible de la teneur en matière grasse.
- Cuisson, fonte : temps et température de fonte, vitesse de brassage.
- Stabilisation thermique : temps et température de pasteurisation ou de stérilisation, temps et température de refroidissement.
- Crémage : temps, température et intensité du brassage, qualité et quantité de pré-fonte ajoutée.
- Conditionnement : température de conditionnement, absence de fils de fromage, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du banderolage.
- Refroidissement : temps et température (**Boutonnier, 2000**).

1.3.Produits finis

- ❖ Présentation du fromage fondu emballé (contrôle général).
- ❖ Emballage : aspect, étanchéité.
- ❖ Produit débarrassé de son emballage :

- ❖ Aspect externe : brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules infondues, d'exsudation grasse... ;
- ❖ Texture : consistance par analyse pénétrométrique, tartinabilité ;
- ❖ flaveur : olfaction, rétro-olfaction et gustation.
- Tests de fonctionnalité : stabilité à la chaleur, aptitude à la refonte dans différentes conditions (four à air chaud, four à micro-ondes...).

Cette liste n'est pas exhaustive, seuls les principaux contrôles qualitatifs ont été mentionnés.

D'autres contrôles sont pratiqués, notamment ceux spécifiques à chaque type de fromage fondu ainsi que tous les contrôles quantitatifs (**Boutonnier, 2000**).

2. Défauts de fabrication de fromage fondu

La qualité d'un fromage fondu est influencée par de nombreux facteurs liés à la formulation et au procédé de fabrication. C'est ainsi que de très légers écarts dans la mise en œuvre peuvent avoir des conséquences significatives. Celles-ci peuvent se traduire par la survenue de défauts observables dès le stade de fonte ou après un certain temps de stockage (**Roussel et Boutonnier, 2015**).

Ces défauts peuvent être détectés pendant la fabrication ou après le conditionnement et peuvent être causés par des facteurs physiques, chimiques ou microbiologiques.

2.1. Défauts d'origine physico-chimique

Plusieurs défauts peuvent être décelés avant les opérations du conditionnement, parmi lesquels : La pâte présente un aspect grumeleux, la pâte reste liquide ; La pâte destinée au fromage fondu à tartiner fait des fils ; Le produit présente un défaut de coloration brun clair à brun foncé ; La séparation des phases s'accompagne d'exsudation de matière grasse, due à une mauvaise émulsification de la matière grasse. Alors que parmi les principaux défauts, causes et corrections qui surviennent d'origine chimique ou physique après conditionnement sont illustrés dans le **Tableau 4 (Benamara, 2017)**.

Tableau 4: Principaux défauts d'origine physico-chimique des fromages fondus (Benamara, 2017).

Défauts	Causes	Corrections
Texture molle	Humidité élevée, quantité de sels insuffisante, agitation lente, fonte prolongée, pH élevé, refroidissement rapide, excès de fromages affinés dans le mélange	Réduire la teneur en eau, utiliser un autre sel de fonte, augmenter le pH, ralentir le refroidissement, augmenter la teneur en fromages jeunes, réduire le temps de fonte, augmenter la vitesse d'agitation
Texture dure	Humidité basse, sels de fonte non adaptés (dose, nature), faible pH, refroidissement long, mélange adapté, excès de fromages ayant une forte aptitude au crémage	Augmenter la teneur en eau, ajuster les sels de fonte, augmenter le pH, augmenter la vitesse de refroidissement, changer la formulation des fromages, éviter l'ajout de préfonte trop crémée
Texture gluante (fromage tartinable)	Excès de fromages jeunes, sels de fonte non adaptés, absence de la préfonte dans le mélange, fonte rapide et agitation lente	Augmenter la proportion de fromages affinés, utiliser un sel de fonte adapté, ajouter de la préfonte, augmenter le temps de la fonte, augmenter la vitesse de l'agitation
Texture ferme avec exsudation de l'eau pendant le stockage	Effet de surcrémage, développements microbiens conduisant à la baisse du pH	Éliminer tous les facteurs qui causent un crémage excessif, bien choisir les ingrédients, conserver une température de fonte supérieure à 85°C.
Texture granuleuse (non homogène)	Processus de fonte et mélange insuffisants, sels de fonte en excès ou insuffisants, pH bas, temps de fonte réduit, température de fonte basse, quantité d'eau ajoutée insuffisante, agitation inadéquate	Ajouter des fromages jeunes, utiliser le sel de fonte adapté et en quantité suffisante, régler le pH, prolonger le temps de fonte en vue d'obtenir une masse homogène, augmenter la température de fonte au-delà de 85°C, augmenter la teneur en eau ajoutée, agiter en continu durant la fonte et le remplissage
Texture friable, cassante	Apparition fréquente lorsque le pH final du fromage fondu est très faible (<5,3). Les caséines sont alors proches de leur isoélectrique ce qui augmente la contraction du réseau protéique et les interactions protéines-protéines dans la résultante peut être l'apparition d'une texture friable et cassante	Ajuster le pH du produit fini par l'emploi de sels de fonte correcteurs de pH et/ou d'une formulation plus adaptée des fromages
Produit collant (adhérent au papier d'emballage)	Emballage métallique collant, pH trop élevé, masse fondue laissée chaude pendant un long moment sans agitation	Changer l'emballage, augmenter la proportion des fromages affinés ou améliorer le crémage, conserver le pH<6 et une agitation continue jusqu'à l'opération d'emballage

Présence de marbrures	Origine pouvant être mécanique (mélange de pâtes issues de plusieurs machines, malaxage insuffisant avant dosage), ou physico-chimique (utilisation de citrates)	Améliorer la qualité du mélange avant dosage, supprimer ou réduire l'emploi de citrates
Présence de cristaux	Cristaux de di- et de mono-phosphate de calcium (quand ces anions sont utilisés dans le sel de fonte), cristaux de calcium (quand le citrate est utilisé comme sel de fonte), usage de préfonte sableuse, sels de fonte insolubles, formation de cristaux de lactose, précipitations des grains de tyrosine (fromages à pâte pressée cuite trop affinés)	Éviter l'usage du mono ou di-phosphate comme sel de fonte, réduire le citrate, éliminer la préfonte sableuse, augmenter le temps de fonte, ajouter le sel de fonte en solution (si nécessaire), utiliser une dose précise de sels de fonte, réduire les apports de lactose (poudre de lactosérum par exemple), éliminer les fromages contenant des cristaux de tyrosine
Produit rance	Fromages trop affinés, beurre ou matière grasse de mauvaise qualité	Corriger la composition du mélange (ajout des fromages jeunes), changer de corps gras
Produit amer	Fromages amers dans le mélange, quantité de calcium à l'état ionisé trop importante	Ajouter des fromages affinés (avec un pH élevé), d'après un sel de fonte correcteur de pH et plus séquestrant
Produit trop salé	Fromages salés, excès du sel de fonte	Ajouter des fromages jeunes et non salés, diminuer la quantité du sel de fonte
Produit sucré	Fromages initiaux avec ouvertures (propioniques), teneur en lactose excessive	Corriger la formulation du fromage fondu
Produit sucré-salé	Concentration élevée en lactose et sels minéraux (utilisation de poudre de lactosérum en excès)	Réduire la quantité de produits de lactosérum dans le mélange
Particules brûlées	Surchauffage par vapeur indirecte avec la présence du lactose (dégradation thermique du lactose)	Réduire la température du traitement thermique lors des chauffages indirects
Brunissement	Réaction de Maillard (lactose et acides aminés), usuellement lors de l'utilisation des fromages très jeunes ou des produits de lactosérum.	Choisir une température de fonte <90°C, refroidir les fromages fondus directement après emballage, un pH élevé dans le produit, revoir la formulation
Apparition d'une coloration rose	Apparition principalement dans les fromages fondus colorés avec de l'annatto ou élaborés à partir de fromages contenant de l'annatto	Supprimer ou réduire l'emploi d'annatto

2.2. Défauts d'origine microbiologique

Parmi les défauts les plus répandus d'origine microbienne :

- Présence d'ouvertures (trous dans la pâte du fromage fondu) due au développement bactérien (*Clostridium*, coliforme...), changement physiques (présence de l'air, CO₂ produit par le mélange de citrate) et changement chimiques (hydrogène résultant de la réaction entre le fromage fondu et le papier aluminium)
- Le gonflement du fromage fondu est un accident de fabrication particulièrement grave qui se traduit par la présence de nombreux yeux dans le fromage, principalement près de la surface. Les germes responsables sont divers. Assez rarement il s'agit des bactéries coliformes ou levures, gênées par l'absence de lactose.
- Le fromage fondu peut être aussi recontaminé au moment du conditionnement (Coliformes, levures, moisissures) ou après conditionnement, par suite d'un défaut dans l'échanchéité de l'emballage (**Boudene et al., 2020**).

3. Les microorganismes de fabrication

3.1. Les bactéries

Les bactéries lactiques : Ce sont des bactéries Gram + (coques ou bacilles) produisant de l'acide lactique par fermentation des glucides simples ou oses (fermentation lactique), tolérant des pH acides, de niches écologiques anaérobies ou anaérobies facultatives et se montrant catalase négative. On distingue principalement : les lactocoques, les leuconostocs, les pédiocoques, les streptocoques thermophiles, les lactobacilles mésophiles et thermophiles et les entérocoques.

Elles ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé, de participer à la formation du goût (protéolyse, production d'arômes), de la texture et de l'ouverture des produits laitiers (fromage, beurre, yaourt, lait fermenté). Ces bactéries sont maintenant largement utilisées sous formes de levains sélectionnés (**Hermier et al., 1992**).

Les bactéries propioniques : telles que *Propionibacterium spp*, sont des actinobactéries, Gram +, non mobiles et non sporulantes. Elles sont anaérobies ou aérotolérantes, mésophiles, mais il est possible que certaines espèces du genre croissent à des températures inférieures à 3 °C. Pour une croissance optimale de ces bactéries, le pH doit être compris 6,50 et 7,00. Les bactéries propioniques transforment le lactate en propionate, acétate et acide carbonique. Elles sont donc responsables de la formation des yeux durant l'affinage de

certaines fromages (ex : Emmental ou Gouda). De plus, l'espèce *P. freudenreichii subsp. Shermanii* apporte un goût de noisette aux fromages (Quynh My, 2019).

3.2. La flore fongique

3.2.1. Les levures : *Kluyveromyces*, *Geotrichum candidum*, *Debaryomyces*, *Candida* et *Yarrowia*

Les levures sont retrouvées à la surface des fromages (à pâte molle notamment) qu'à l'intérieur. Elles interviennent dans la désacidification de la pâte en début d'affinage, permettant ainsi l'implantation ultérieure d'une flore acido-sensible comme les bactéries corynéformes et interviennent également dans la formation du goût.

3.2.2. Moisissures : *Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti* et *Mucor*

P. camemberti est présent à la surface des fromages à pâte molle à croûte fleurie comme le camembert ou les fromages de chèvre. *P. roqueforti* est la moisissure interne des bleus comme le bleu d'auvergne (lait de vache) ou le Roquefort (lait de brebis). *Mucor* est la moisissure dominante à la surface du Tomme de Savoie et du Saint Nectaire fermier. Par leurs aptitudes biochimiques les moisissures jouent un rôle essentiel dans la formation des caractéristiques sensorielles des fromages (Naili, 2021).

4. Micro-organismes d'altération et pathogéniques du fromage

4.1. Les bactéries

Les coliformes peuvent être responsables de gonflement précoces dans les fromages, conduisant notamment en pâte molle, à des accidents spectaculaires (fromages à aspect spongieux). Ce gonflement est dû principalement à la formation d'hydrogène très peu soluble dans le fromage (Naili, 2021).

Les bactéries psychotropes (*Pseudomonas*, *Bacillus*) généralement thermostable tels que les lipases et les protéases. Ces enzymes peuvent provoquer des défauts de goût dans les fromages (goût de rance, amertume).

Les bactéries butyriques (*Clostridium tyrobutyricum*) peuvent se développer dans les fromages (à pâte pressée cuite et non cuite) et donner des défauts de goût et d'ouverture (gonflement tardif) par fermentation butyrique (production de l'acide butyrique et d'hydrogène) (Naili, 2021).

4.2. *Salmonella spp*

Les *Salmonella spp.* Sont des bactéries Gram - en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. Au sein de deux espèces, *Salmonella bongori* et *Salmonella enterica*, des centaines de sérotypes différents ont été découverts. Les salmonelles peuvent se développer dans des environnements acides. Une croissance à pH 3,7 a par exemple été rapportée. Cependant d'autres facteurs peuvent influencer celle-ci, tels que la température, l'oxygène disponible, le milieu de croissance, le taux d'inoculation et le sérotype (Quynh My, 2019).

Les bactéries du genre *Salmonella* sont à l'origine de la salmonellose, une maladie se transmettant principalement par voie fécale au sein des ruminants et responsable de toxico-infections liées à la consommation d'aliments ou d'eau contaminés. Cette contamination est également possible suite à un contact avec l'animal contaminé ou avec son environnement. Certaines souches de salmonelles causent des mammites et par conséquent, les micro-organismes pathogènes peuvent se retrouver dans le lait.

Les personnes contaminées par ce micro-organisme pathogène peuvent présenter les symptômes suivants : diarrhée, forte fièvre accompagnée de frissons et maux de tête, douleurs abdominales, vomissements (Quynh My, 2019).

4.3. *Staphylococcus aureus*

Les staphylocoques produisent un grand nombre de substances diffusibles, ou associées à la paroi «les entérotoxines». Bactéries commensales de la peau et des muqueuses des mammifères et des oiseaux, elles synthétisent de nombreuses enzymes et toxines (entérotoxine), 18 responsables de leur virulence. Mais elles sont détruites par une pasteurisation. Par contre, l'entérotoxine produite au cours de la multiplication du germe dans l'aliment est thermostable et peut être présente sous forme active dans les aliments. Alors que toutes les formes viables de la bactérie ont disparu.

C'est la toxine qui provoque l'apparition des symptômes (intoxication) (Branger et al., 2007)

4.4. *Escherichia coli*

C'est une entérobactéries lactose +, gazogène, réalisant une fermentation d'acide mixte, elle produit de l'indole. C'est l'hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud, c'est un coliforme fécal, germe indicateur de contamination fécale dans les aliments. Les souches d'*Escherichia coli* sont responsables d'infections chez l'homme : les

enterotoxinogènes, les enteroinvasives, les enterohémorragiques et les enteropathogènes sont différentes de celles qui constituent l'espèce dominante de la flore intestinale aérobie des enfants (**chouirebet *al.*, 2021**).

Les symptômes dus à l'infection par les STEC/VTEC sont des crampes abdominales, des diarrhées (parfois sanglantes), de la fièvre et des vomissements. *E. coli* se transmet à l'homme par des aliments contaminés, tels que le lait cru (**Quynh My, 2019**).

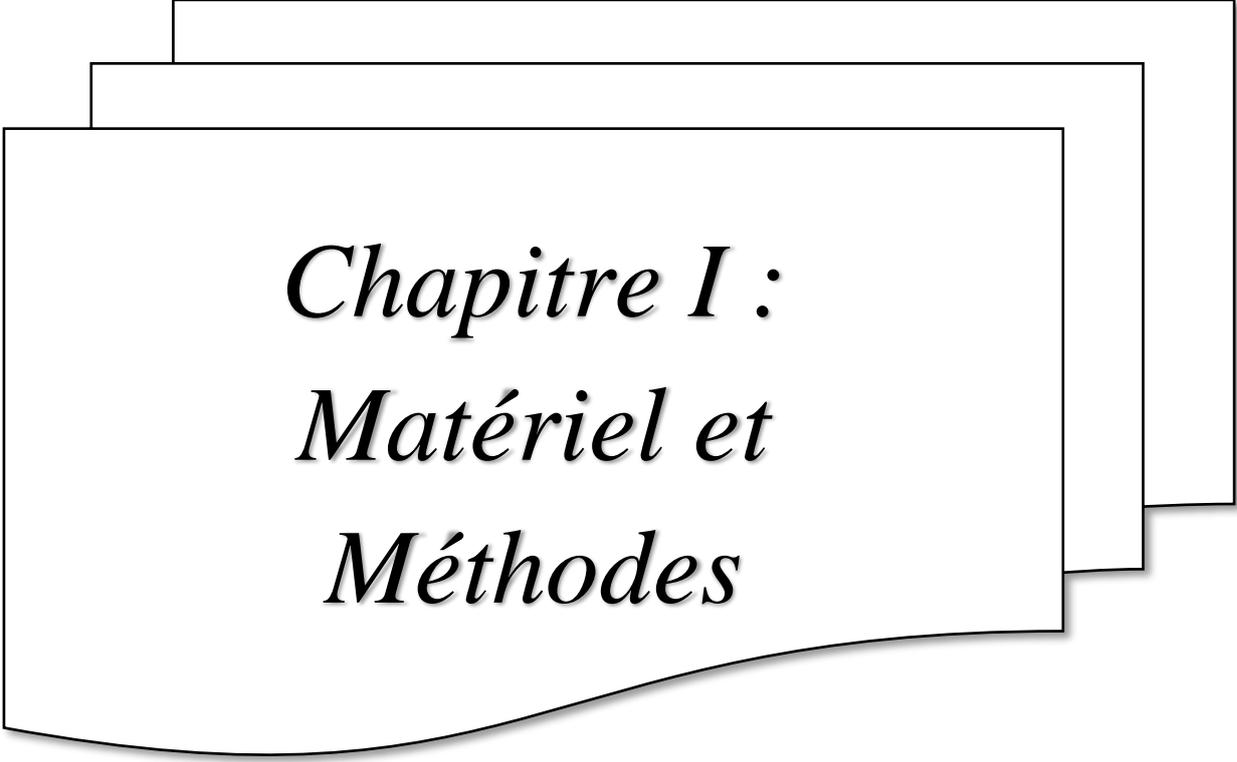
4.5. *Listeria monocytogenes*

Le genre *Listeria* comporte huit espèces, dont *Listeria monocytogenes*, une bactérie pathogène pour l'Homme et les animaux, Gram +, sous forme de bâtonnets. Elle est responsable de la toxi-infection appelée listériose. Elle résiste à des conditions de pH entre 4,30 et 9,40, et peut vivre jusqu'à un aw aussi faible que 0,92. De plus, cette bactérie psychrotrophe a la capacité de se développer à des températures basses, sous 7 °C. À cause de sa résistance aux conditions extrêmes, ce pathogène peut survivre durant la conservation du produit au réfrigérateur. C'est pourquoi, malgré le respect de la chaîne du froid lors de la production et de la conservation d'aliments, il est possible de conserver des traces de *L. monocytogenes*. Différentes sources de contamination sont possibles. La contamination peut être due à l'animal ou à l'environnement de production. Le traitement thermique permettant l'élimination de ce pathogène doit se faire à une température de minimum 65°C.

Les symptômes de la listériose sont la diarrhée, le vomissement, la fièvre, les maux de tête, les convulsions, les frissons, ou encore la gastroentérite et la myalgie. Elle peut également mener à la méningite et la septicémie (**Quynh My, 2019**).



*Partie
expérimentale*



Chapitre I :
Matériel et
Méthodes

- **Objectif**

L'objectif de notre travail consiste à contrôler et évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de différents types du fromage fondu industriels et artisanaux.

Le contrôle de qualité microbiologique des fromages industriels et artisanaux a été effectué au niveau de laboratoire de prévention de la direction de la santé et de la population de la Wilaya de Guelma du **03/03/2024** au **10/03/2024**.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisés au niveau des laboratoires pédagogiques (03, 05 et 07) de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers (SNV/STU) de l'université du 8 Mai 1945 Guelma du **03/03/2024**.

- **Echantillonnage**

On a choisi six marques de fromage représentatives. Les échantillons ont été pris chez des détaillants après qu'on eut contrôlé que le produit était conservé au froid à une température inférieure à 10°C, selon la réglementation en vigueur, en plus de neuf échantillons de fromage traditionnel (bouhezza et klilla) ont été prélevés de manière aléatoire de différents points de wilaya de Guelma.

Le prélèvement du fromage fondu se fait dans des conditions aseptiques. Cela se fait au sein des laboratoires microbiologique et physico-chimique, selon les étapes suivantes :

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

1. Matériel biologique

Tableau 5: Gamme des échantillons analysés (fromages industriels).

Echantillons	Nombres de portions sur l'emballage	Date d'achat	Lieu d'achat
E 1	////////	02/03/2024	Guelma
E 2	////////	02/03/2024	Guelma
E 3	////////	03/03/2024	Guelma
E 4	////////	02/03/2024	Guelma
E 5	24	03/03/2024	Guelma

E 6	16	03/03/2024	Guelma
-----	----	------------	--------

Tableau 6: Gamme des échantillons analysés (fromages artisanaux).

Echantillons	Nom de fromage	Date d'achat	Lieu d'achat
E 1	Bouhezza	16/03/2024	Guelma
E 2	Bouhezza	16/03/2024	Guelma
E 3	Bouhezza	16/03/2024	Guelma
E 4	Klilla	16/03/2024	Annaba
E 5	Klilla	16/03/2024	Annaba
E 6	Klilla	17/03/2024	Annaba
E 7	Klilla	17/03/2024	Annaba
E 8	Klilla	17/03/2024	Annaba
E 9	klilla	17/032024	Annaba

2. Les analyses physico-chimiques du fromage fondu

2.1. Mesure de pH

- **Principe**

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Avant chaque mesure, l'électrode du pH-mètre est nettoyée avec de l'eau distillée et séchée avec une serviette en papier. Un contrôle sur la fiabilité du pH-mètre est effectué avant chaque mesure, par étalonnage de l'appareil à l'aide d'une solution tampon de pH connu (7,00). Ensuite la mesure est faite par immersion du bout de l'électrode dans le lait. La valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran (**Birali et al.,2019**).

- **Mode opératoire**

- On dispose 10g de fromage dans 100ml d'eau distillée
- On plonge l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et on mesure directement le pH.

- **Lecture**

La valeur du pH est s'afficher immédiatement sur l'écran du pH mètre.

2.2. Détermination de l'acidité Dornique

- **Principe**

La détermination de l'acidité Dornique est effectuée selon la méthode décrite 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.

- **Mode opératoire**

-On dispose 10g de fromage dans 100 ml d'eau distillée.

-On prend 10 ml de cette solution et on ajoute 3 à 5 gouttes de phénolphthaléine.

-On titre avec NaOH N/9 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle.

- **Lecture**

Dans le point de virage (le changement de couleur) lire la valeur de NaOH.

- **Expression des résultats**

Le calcul de l'acidité Dornique du produit analysé est obtenu par l'équation suivante :

$$AT = V \times 10 \text{ (}^\circ\text{D)}$$

AT: Acidité titrable

V : Le volume en ml correspond à la chute de la burette.

2.3. 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.

- **Mode opératoire**

- 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 :

- 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.

2.4.Mesure de taux de cendres

- **Principe**

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 550°C jusqu'à combustion complète de la matière organique (ISO 6884, 2008).

- **Mode opératoire**

Le taux de cendres se mesure après l'incinération d'une prise d'essai de 5 g dans un four à moufle à 550°C pendant 4 heures.

- **Expression des résultats**

Il est mesuré par la formule suivante :

$$T_c \% = [(P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)] \times 10$$

T_c : Taux de cendres

P_0 : Poids du creuset vide

P_1 : Poids de la creuset + prise d'essai avant incinération

P_2 : Poids du creuset + prise d'essai après incinération (résidu calciné)

2.5.Détermination de la teneur en matière minérale

- **Principe**

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°C-500°C.

-L'incinération est poursuivie pendant 4h.

- **Expression des résultats**

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.

2.6.Détermination de la teneur en matière organique

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

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

2.7.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

2.8. Mesure le degré Brix

- **Principe**

Le Brix se rapproche du pourcentage de solides solubles dans l'eau, qui, dans la plupart des cas, reflète la quantité de sucre présente dans le jus exprimée en termes de pourcentage du contenu en saccharose. Cette valeur est déterminée à l'aide d'un réfractomètre (**Allioui et al., 2021**).

- **Mode opératoire**

- Après l'étalonnage du réfractomètre avec l'eau distillée (la valeur 0 confirme l'étalonnage).
- On remplit l'assiette du prisme avec la solution déjà préparée (10 g de fromage + 90 ml d'eau distillée), puis on ferme le couvercle.
- En appuyant sur la touche "**Read**" quelques secondes plus tard la lecture s'affiche.

- **La lecture**

La lecture fait immédiatement dans l'écran du réfractomètre.

3. Techniques de préparation de prises d'essais pour les analyses microbiologiques

Le broyage des échantillons s'est effectué dans des conditions rigoureuses d'asepsie, pour éviter toute contamination accidentelle. Dans le cas de fromage, il faut procéder à un broyage couplé à une dilution (**Guiraud, 2012**).

L'analyse microbiologique a été réalisée en trois étapes : La préparation des dilutions, l'ensemencement dans le milieu de culture approprié et le dénombrement des microorganismes.

3.1. Préparation de la solution mère

Une prise de 25 g de fromage finement broyé de chaque échantillon est mélangée à 225ml de diluant. Pour les analyses de contrôle de la qualité microbiologique (**Guiraud, 2012**) nous avons utilisé, comme diluant, de TSE.

3.2. Préparation des dilutions décimales

A partir de la solution mère, 1ml est introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau distille stérile à l'aide d'une pipette graduée stérile, c'est la dilution 1/100 (10^{-2}). La dilution 1/1000 (10^{-3}) sera préparée de la même façon mais à partir de la dilution précédente.

Tableau 7: Les différents germes recherchés et le mode de recherche.

Germe recherchés	Milieu de culture	Technique d'ensemencement	T°C et temps d'incubation
La flore aérobie mésophile totale FAMT	PCA	En masse	37°C / 72 h
Coliforme totaux et fécaux	Test de présomption: VBL Test confirmatif: Schubert	//	37°C / 24 à 48 h 44°C / 24h
Les streptocoques	Test de présomption:Rothe Test de confirmation: Evalitsky	//	37°C / 24 à 48 h 37°C / 24h
<i>Staphylococcus</i>	Chapman	En surface	37°C / 24 à 48 h
<i>Salmonella</i>	Bouillon SFB Gélose Hektoen	Surface	37°C et 43°C/24h 37°C/24 h
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> (CRS)	Gélose viande de fois+02 gouttes d'alun de fer+04 gouttes de sulfite de sodium	En masse	37°C / 24 à 48 h
<i>Listeria monocytogene</i>	Gélose de sang	En surface	37°C/ 48h
Levure et moisissure	Gélose sabouraud	En surface	25 37°C / 3 à 4 j

4. Les analyses microbiologiques

4.1.Recherche dénombrement de la flore aérobie mésophile Totale

La flore mésophile totale est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banals de contamination. Elle est apte à se multiplier aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25°C et 40°C (Bourouaiah et al., 2013).

- **Technique**

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

- Faire le même pour la dilution 10^{-2} et 10^{-3} (**Figure 2**) (**Bourouaiah et al., 2013**).

- **Lecture**

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

- **Expression des résultats**

Le calcul du nombre N de germes totaux par g du produit analyse est obtenu par l'équation suivante :

$$N = \sum c / 1.1 \times d$$

Où :

N : Nombre d'UFC par ml de produit initial.

$\sum c$: Somme des colonies comptées sur les deux boites retenues.

d : Taux de dilution correspondant à la première dilution (**Djenidi, 2016**).

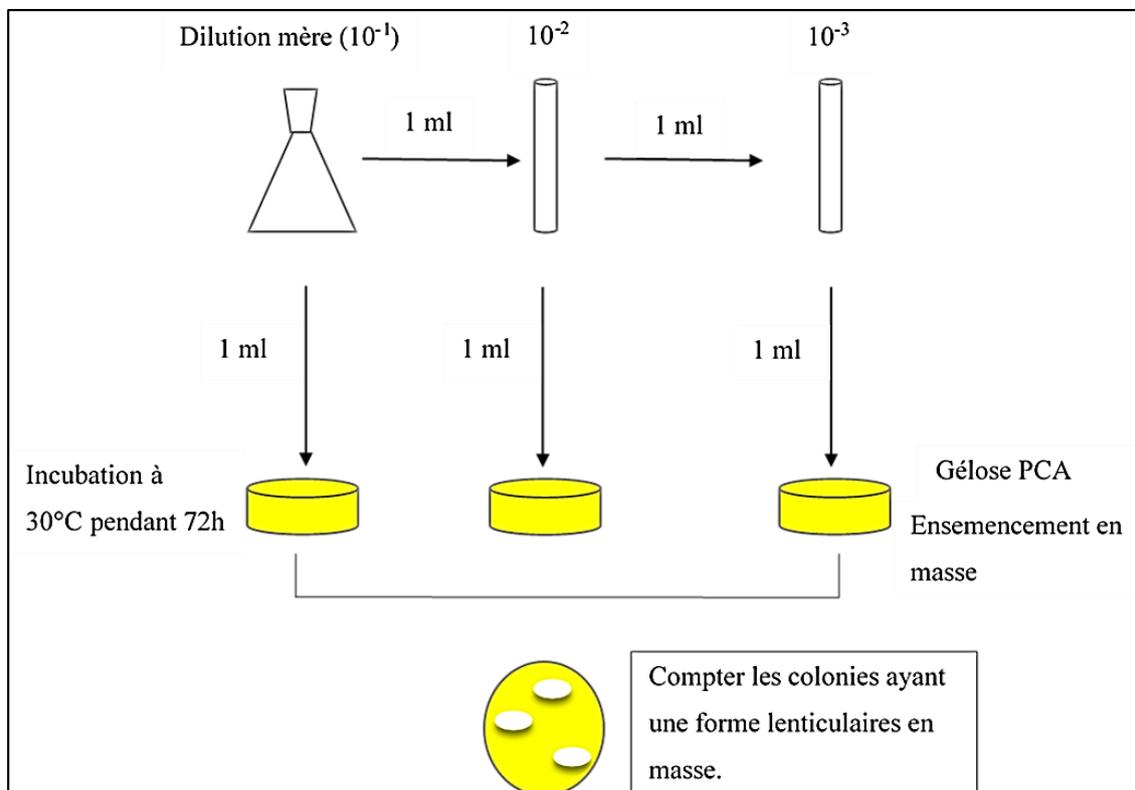


Figure 2: Recherche dénombrements de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT).

4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaries et capable de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C (Delarras et al., 2003).

Les coliformes fécaux, ou les coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans un moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de 42°C \pm 2°C [1].

- **Méthode du nombre le plus probable(NPP)**

La recherche et le dénombrement des coliformes selon cette technique se fait selon une méthode officielle (qui fait l'accord entre les résultats obtenue a des moments différents ou par des analyses différents ou dans des laboratoires différents (Annexe 1).

- **Principe**

La technique du nombre le plus probable (NPP) en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- **Test de présomption**

Ce test est réservé à la recherche des coliformes totaux et est effectué en utilisant un bouillon lactose bilié au vert brillant (bouillon VBL). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu (plus de 1/10 du volume de la cloche).

- **Mode opératoire**

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant un milieu sélectif à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-3} voir la solution mère porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondants à une dilution donnée :

- 3 fois 10 ml de la dilution mère (10^{-1}) dans trois tubes contenant 10 ml de milieu VBL muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1 ml de la dilution (10^{-2}) dans trois tubes contenant 10 ml de milieu VBL muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1 ml de la dilution (10^{-3}) dans trois tubes contenant 10 ml de milieu VBL muni d'une cloche de Durham (Khelloufi, 2015) (Figure 3).

- **lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

➤ **Test de confirmation (recherche des coliformes fécaux)**

Appelé encore test de Mac Kenzie, il est réservé de la recherche des coliformes fécaux (parmi lesquels en redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*) à partir des réactions positives du test de présomption (OMS, 2000).

- **Mode opératoire**

A partir des tubes de VBL positifs, prélever à l'aide d'une pipette pasteur, quelques gouttes afin de faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans la cloche de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum puis incuber à 44°C pendant 24h (Khelloufi, 2015) (Figure 3).

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) dans les tubes de Schubert.
- Un anneau rouge en surface, témoin de production d'indole par *E. coli* après l'adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif «Kovacs» dans le tube du milieu Schubert.

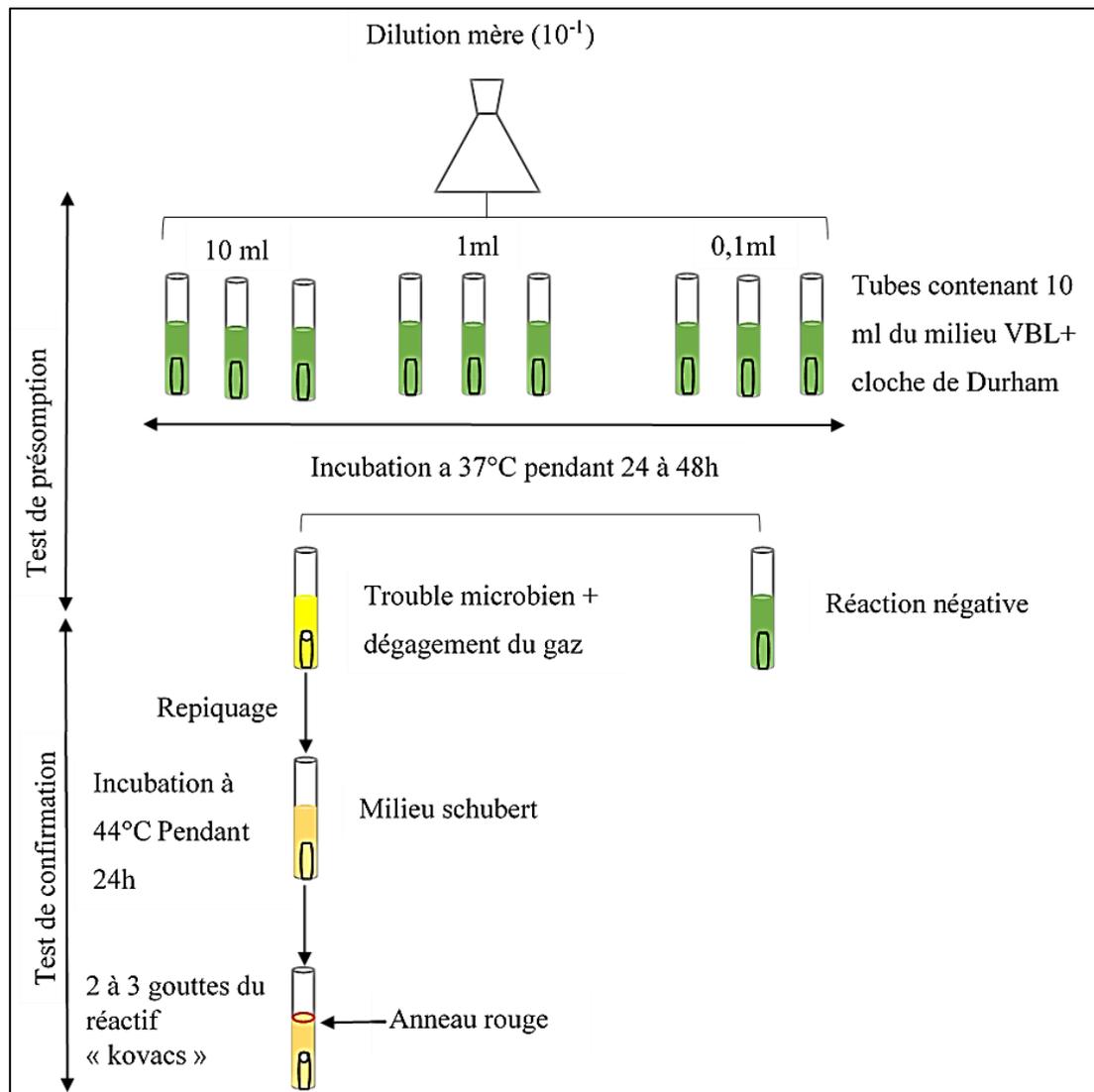


Figure 3: Recherche et dénombrement des coliformes dans le fromage fondu par la méthode du nombre le plus probable.

4.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont considérés comme un indicateur d'une contamination fécale du produit alimentaire. Leur recherche nous renseigne sur la qualité hygiénique de ce produit (Bourouaiah et al., 2013).

- **Principe**

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif. On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de « Rothe » (Agent Sélectif: azide N3-). Dans un deuxième temps, on utilise l'action de deux agents sélectifs : l'azide et l'éthyle-violet. En repiquant une anse des tubes+ dans le milieu de « Litsky » (Bourouaiah et al., 2013).

➤ **Test de présomption**

Les études ont été menées dans les bouillons Rothe S/C et D/C (bouillon acide sodium simple et double).

À partir de la solution mère, à emporter stérilement :

- 3 fois 10 ml répartis dans 3 tubes à essai contenant 10 ml de milieu Rothe D/C.
- 3 fois, ajouté 1 ml dans 3 tubes à essai contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.
- Ajouter 3 fois, 0,1 ml à chaque fois, dans 3 tubes à essai contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

Homogénéiser soigneusement les milieux. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24 à 48 h (**Khelloufi, 2015**) (**Figure 4**).

➤ **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Après avoir agité les tubes positifs ; prélever quelques gouttes par une pipette Pasteur, et les transférez les dans des tubes contenant le milieu Eva Litsky.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les tubes considérés comme positifs s'ils présentent :

- Un trouble dû à la croissance bactérienne.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube Parfois, la culture peut se regrouper au fond du tube, fixant le colorant et formant une pastille violette (**Figure 4**).

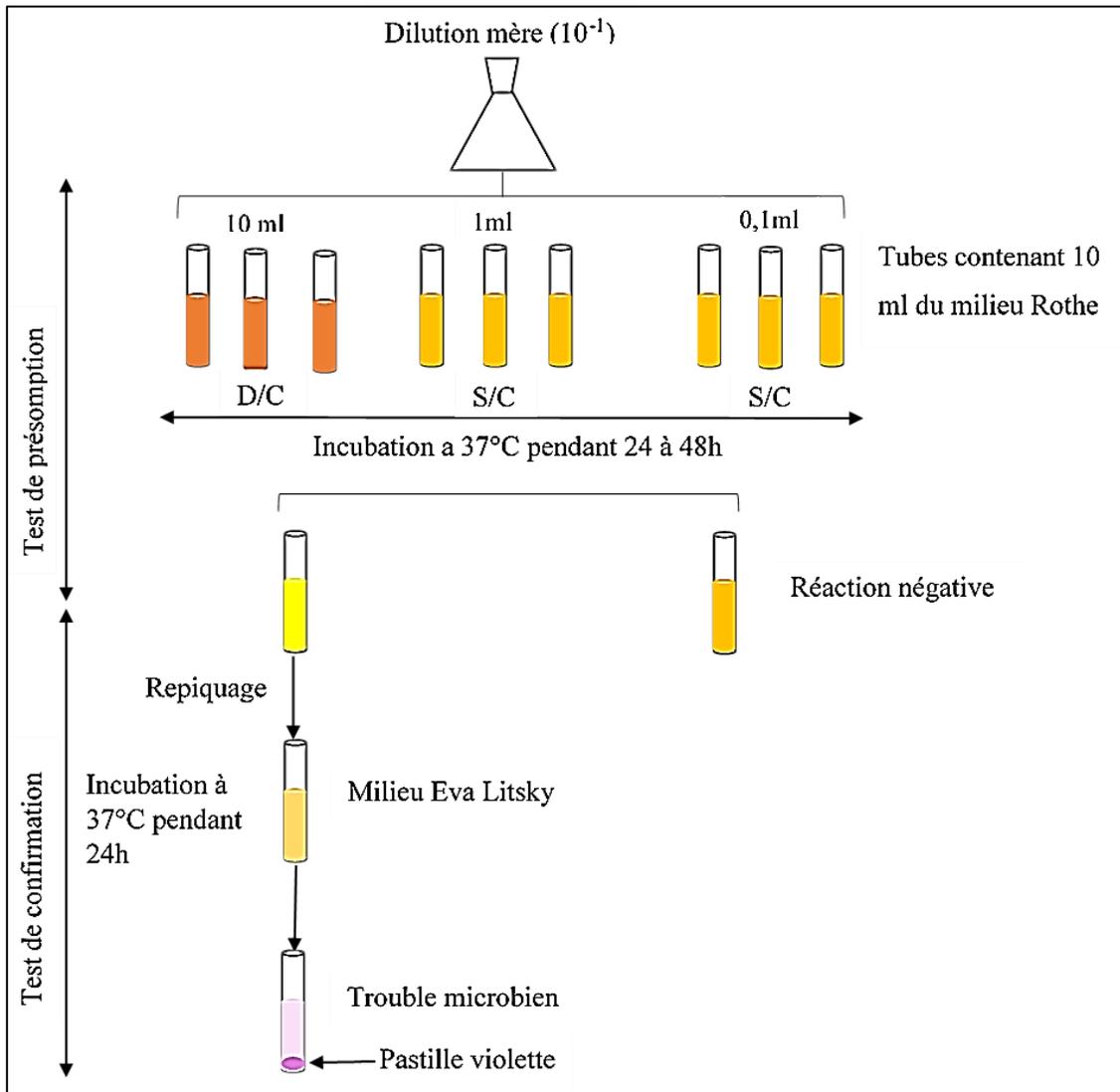


Figure 4: Recherche et dénombrements des streptocoques totaux et fécaux.

4.4. Recherche de *Salmonella*

Micro-organisme formant des colonies typiques sur des milieux sélectifs solides et possédant des caractéristiques biochimiques et sérologiques décrites lorsque les essais sont effectués conformément à la présente méthode (JORA, 2005).

Il est présenté comme suit :

- **Pré-enrichissement dans un milieu liquide**

Ensemencement de la prise d'essai dans le milieu de pré-enrichissement approprié, puis incubation à 37 ° C durant 16h à 20h (JORA, 2005).

- **Enrichissement dans des milieux liquides sélectifs**

- Ensemencement d'un milieu au tétrathionate et d'un milieu sélénite-cystine avec la culture obtenue.
- Incubation du milieu au tétrathionate à 43 °C et incubation du milieu sélénite cystine à 37 °C durant 2 périodes de 18h à 24h (JORA, 2005).

- **Isolement et identification**

A partir des cultures obtenues, ensemencement de milieu sélectif solide gélose Hektoen. Incubation à 37 ° C et examen après 20h à 24h, et si nécessaire, après 40h à 48h, pour contrôler s'il y a présence de colonies, présumées être des *salmonella* en raison de leurs caractéristiques (JORA, 2005).

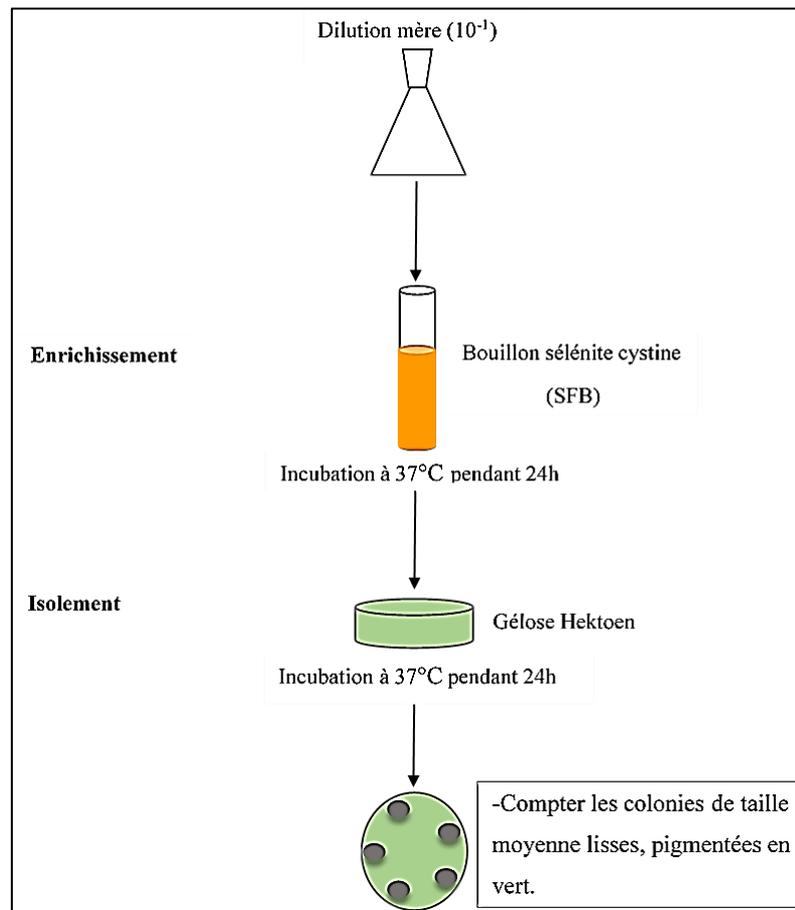


Figure 5: Recherche et dénombrements des Salmonelles.

4.5. Recherche des Staphylocoques pathogènes

Sont des bactéries coque à Gram positif, non mobiles, non capsulées non sporulés. Ayant un aspect en grappe au microscope optique La plupart des espèces sont aéro-anaérobies facultatives et à catalase positive (Luquet, 2003).

- **Technique**

L'ensemencement se fait par des stries avec une l'anse de platine après avoir coulé la Gélose (Chapman) dans les boîtes de pétris, Incuber à 37°C pendant 24heures (Figure 6) (Bechaa et al., 2013).

- **Lecture et interprétation**

Après période d'incubation spécifiée, les staphylocoques aureus, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (suite à la fermentation du mannitol) ou en blanc (Bêchaa et al., 2013).

- **Identification**

Les principaux caractères pour l'identification de *Staphylococcus* : la coloration de Gram. Le test catalase. (Freney et al., 2000).

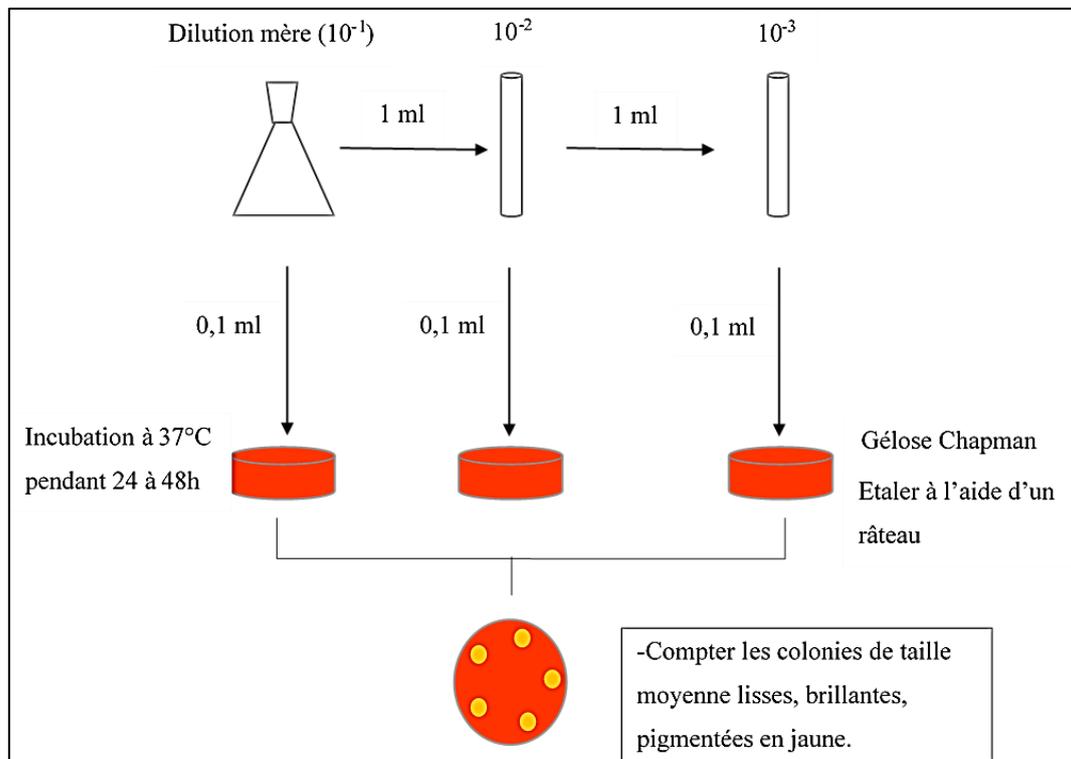


Figure 6: Recherche et dénombrement des staphylocoques.

4.6. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs appartiennent à la famille des *Bacillaceae* (Bacille⁺cocci sporulée), des bactéries telluriques, Gram positifs, isolées ou en chainettes, catalase négatif, anaérobie, mobile, souvent gazogène, capable de réduire le sulfite de sodium en sulfure d'où la présence d'un halo noir autour des colonies due à la formation de sulfure de fer (Magri et al., 2016).

- **Technique**

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

- A l'aide d'une pipette graduée, placer 15 ml de la solution mère dans trois tubes (5ml dans chaque tube). Porter ces tubes dans un bain d'eau à 90°C pendant 15min, puis refroidir

rapidement à la température ambiante. Les formes végétatives sont alors détruites, seules les spores subsistent.

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

- Incuber à 37°C pendant 24-48h (Bouderbala et al., 2021).

- **Lecture**

Les colonies *Clostridium* sulfito- réducteurs sont manifestées sous forme des colonies noires.

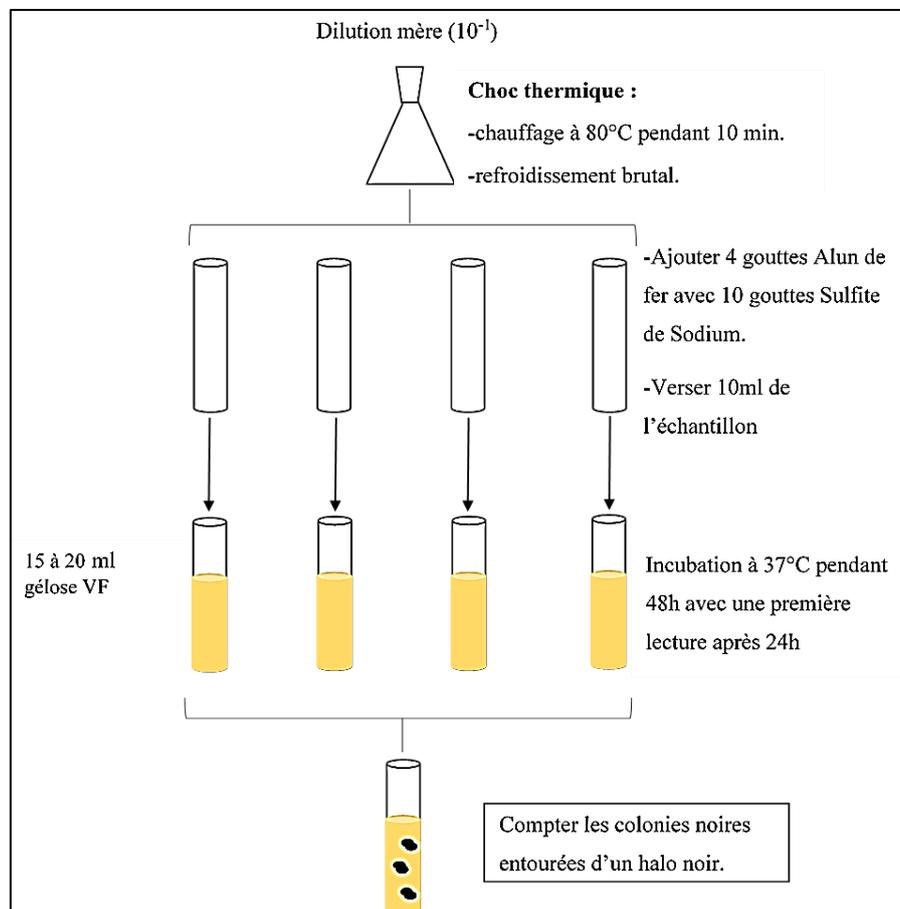


Figure 7: Recherche et dénombrements des *Clostridium* Sulfito-Réducteurs (CRS).

4.7. Recherche de *Listeria monocytogenes*

Est une bactérie saprophyte à gram positif qui se nourrissent des déchets qu'ils soient humains ou végétaux, largement répandue dans la nature ; responsable d'infection sporadique qualifie ce qui touche seulement quelques individus au sein d'une population, cas par cas sans qu'il se forme une chaîne de transmission continue, les bactéries se prolifèrent facilement sur le milieu ordinaire entre 4°C et 45°C (**Goulet-Beaulieu, 2013**).

La recherche de *Listeria monocytogenes* est effectuée sur la gélose Sang.

- **Technique**

- On fait fondre la gélose au bain marie à 100°C, puis on la refroidit à 45°C.

- on coule la gélose fondue dans des boîtes de pétri (environ 15 ml) et on laisse la prendre en masse.

-À l'aide d'une pipette pasteur stérile, on ensemence 05 gouttes de la solution mère (10^{-1}) et on fait un étalement à la surface du milieu ainsi que les dilutions 10^{-2} et 10^{-3}

-On incube les boîtes à température ambiante pendant 24 à 48 h à une température 37 °C.

- **Lecture**

Après l'incubation, *Listeria* présente une colonie vert-olive entourée d'un halo brun ou noir.

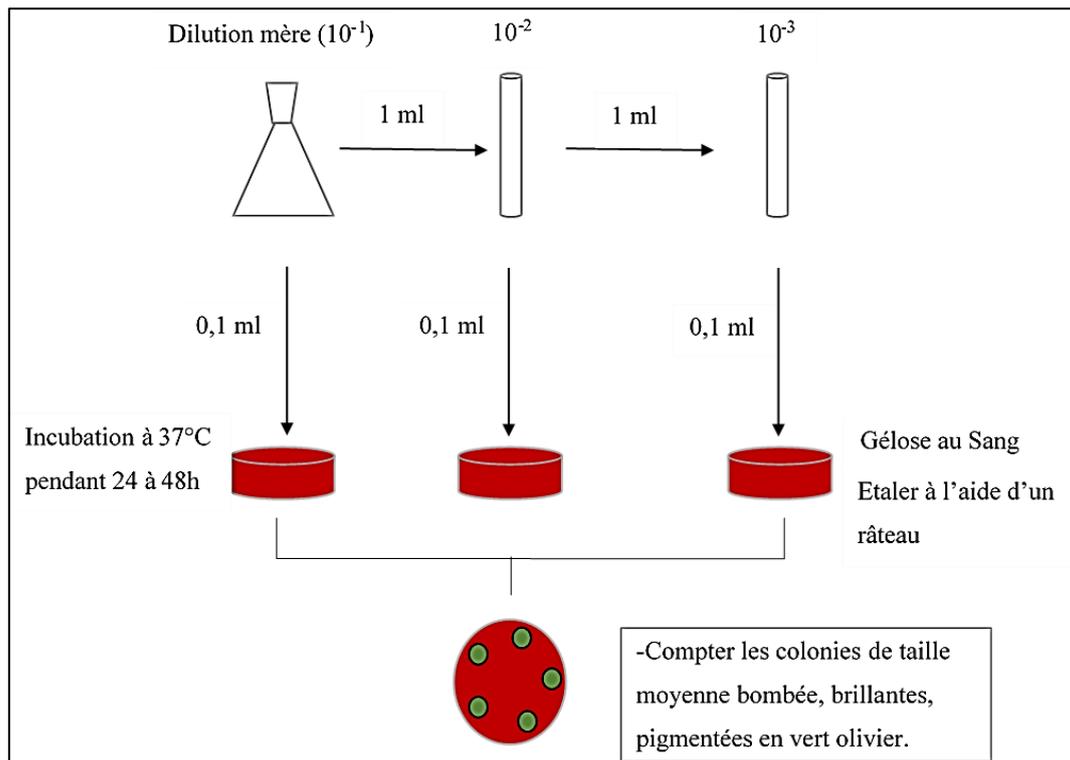


Figure 8: Recherche et dénombrements des *Listeria monocytogenes*.

4.8. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

La recherche et dénombrement des levures et des moisissures sont effectués sur la gélose Sabouraud.

- **Technique**

- On fait fondre la gélose au bain marie à 100°C, puis on la refroidit à 45°C.
- On coule la gélose fondue dans des boîtes de pétri (environ 15 ml) et on laisse la prendre en masse.
- À l'aide d'une pipette pasteur stérile, on ensemence 05 gouttes de la solution mère (10⁻¹) et on fait un étalement à la surface du milieu ainsi que les dilutions 10⁻² et 10⁻³
- On incube les boîtes à température ambiante pendant 3-5 jours à une température 25 à 37 °C.

- **Lecture**

Après la période d'incubation, compter toutes les colonies des trois dilutions successives présentes, et appliquer la formule suivante :

$$N = \sum c/1.1 \times d$$

Où :

N : Nombre d'UFC par ml de produit initial.

Σc : Somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues.

d : Taux de dilution correspondant à la première dilution (Djenidi, 2016).

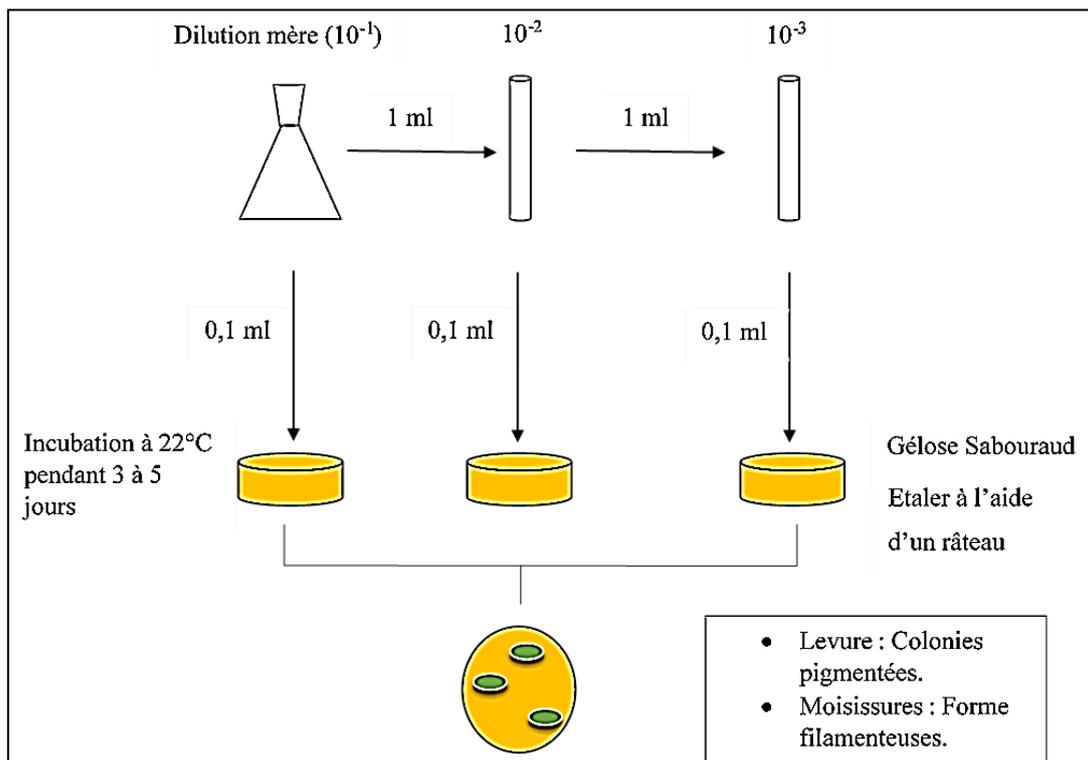


Figure 9: Recherche et dénombrements des levures et moisissures.

5. Identification des germes

L'identification est basée sur la détermination des caractères morphologiques et biochimiques.

5.1.Examen microscopique bactériologique

Il a été effectué sur un frottis bactérien, préparé à partir des colonies suspectes en cultures pures, puis fixé et coloré par la méthode de Gram.

- ❖ **Etude microscopique** : L'étude microscopique des souches lactiques (*Sc. Thermophilus*, *Bf. bifidum* et *Lb. bulgaricus*) a été réalisée après une coloration de Gram, afin de déterminer leur morphologie et leur type de gram + ou - .

- ❖ **Tests biochimiques** : L'étude des caractères biochimiques est basée essentiellement sur la recherche d'oxydase, de catalase et d'uréase, (car leurs positivités confirment qu'il s'agit bien de *H. pylori*), on utilisant des galeries API Campy.

5.2. Etude biochimique

- ❖ **Test de catalase** : Pour mettre en évidence cette enzyme, une partie de la colonie suspecte est diluée dans une goutte d'eau oxygénée sur une lame stérile. Le dégagement de bulles de gaz indique la présence de la catalase.
- ❖ **Test du milieu TSI (Triple Sugar Iron)** : Pour mettre en évidence la fermentation des trois sucres (lactose, glucose et saccharose). Ensemencer le culot par piqure profonde et la pente par une strie médiane, puis incubé 24h à 37°C.
Ce test est vérifié simultanément avec le test de mobilité. Si la bactérie à étudier est Mannitol +, on observe le jaunissement du milieu du lieu est à cause de son acidification suite à la fermentation des sucres (**Tabak et al., 2011**).

5.3. La galerie API

- ❖ **La galerie API 20E**

API 20E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux, comprenant 21 tests biochimiques miniaturisés, ainsi qu'une base de données. La liste complète des bactéries qu'il est possible d'identifier avec ce système est présente dans le Tableau d'Identification en fin de notice [2].

- **Principe**

La galerie API 20E comporte 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de Lecture et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification [2].

- **Inoculation de la galerie**

Introduire la suspension bactérienne dans les tubes de la galerie à l'aide de la même pipette (pour éviter la formation de bulles au fond des tubes, poser la pointe de la pipette ou de la PSI pette sur le côté de la cupule, en inclinant légèrement la boîte d'incubation vers l'avant) :

- pour les tests CIT, VP et GEL, remplir tube et cupule,
- pour les autres tests, remplir uniquement les tubes (et non les cupules),
- pour les tests : ADH, LDC, ODC, H₂S, URE créer une anaérobiose en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.

Refermer la boîte d'incubation. • Incuber à 36°C ± 2°C pendant 18-24 heures [2].

- **Lecture de la galerie**

- Après incubation, la lecture de la galerie doit se faire en se référant au Tableau de Lecture.
- Si 3 tests ou plus (test GLU + ou –) sont positifs, noter sur la fiche de résultats toutes les réactions spontanées puis révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs :
 - Test TDA : ajouter 1 goutte de réactif TDA. Une couleur marron-rougeâtre indique une réaction positive à noter sur la fiche de résultats.
 - Test IND : ajouter 1 goutte de réactif JAMES. Une couleur rose diffusant dans toute la cupule indique une réaction positive à noter sur la fiche de résultats [2].
 - Test VP : ajouter 1 goutte des réactifs VP 1 et VP 2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose ou rouge indique une réaction positive à noter sur la fiche de résultats. Une faible coloration rose apparaissant après 10 minutes doit être considérée négative.

- ❖ **La galerie API Staph**

API Staph est un système standardisé pour l'identification des genres *Staphylococcus*, *Micrococcus* et *Kocuria* comprenant des tests biochimiques miniaturisés ainsi qu'une base de données. La liste complète des bactéries qu'il est possible d'identifier avec ce système est présente dans le Tableau d'Identification en fin de notice.

- **Préparation de la galerie**

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée ou déminéralisée [ou toute eau sans additif ou dérivés susceptibles de libérer des gaz (Ex : Cl₂, CO₂ ...)] dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Inscrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte. (Ne pas inscrire la référence sur le couvercle, celui-ci pouvant être déplacé lors de la manipulation).
- Sortir la galerie de son emballage individuel.

- Placer la galerie dans la boîte d'incubation [3].

- **Préparation de l'inoculum**

- Réaliser un pré culture sur gélose Columbia au sang (ou Agar P) 18-24 H à $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Vérifier l'appartenance de la souche à la famille des *Micrococcaceae* (morphologie, Gram, catalase...), ainsi que sa pureté [3].
- Ouvrir une ampoule d'API Staph Medium comme indiqué au paragraphe "Précautions d'utilisation".
- Préparer une suspension bactérienne homogène, d'opacité égale à 0,5 de McFarland. Utiliser préférentiellement des cultures jeunes (18-24 heures). Cette suspension doit être utilisée extemporanément [3].

- **Inoculation de la galerie**

- A l'aide d'une pipette ou d'une PSI petite, remplir les tubes de la galerie avec API Staph Mediumensemencé. Ne remplir que les tubes et non les cupules, sans dépasser le niveau du tube. Pour éviter la formation de bulles au fond des tubes, poser la pointe de la pipette ou de la PSI petite sur le côté de la cupule, en inclinant légèrement la boîte d'incubation vers l'avant.
- Créer une anaérobiose dans les tests ADH et URE en remplissant leur cupule d'huile de paraffine pour former un ménisque convexe.
- Renfermer la boîte d'incubation.
- Incuber à $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 18-24 heures [3].



Figure 10: Galerie API 20^E.

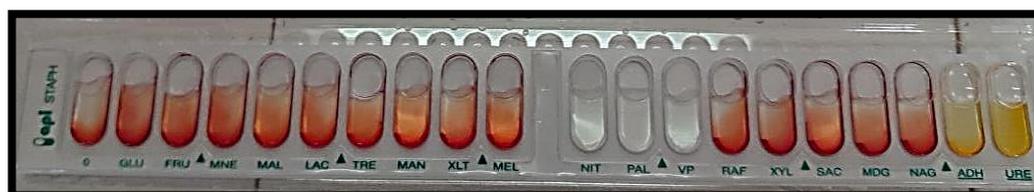


Figure 11: Galerie API Staph.



Chapitre II :
Résultats et
discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques

1.1. Mesure de pH

L'acidité ionique ou pH du fromage évalue sa concentration en ions hydronium ce qui donne une information sur son état de conservation vis-à-vis aux altérations probables par les germes lactiques (Sehli, 2017).

Les résultats de mesure de pH de fromage sont résumés ci-dessous (Tableau 8) (Figures 12,13) :

Les résultats de l'analyse du pH des six échantillons de fromage fondu industriel révèlent une valeur maximale 6,4 et une valeur minimale 6,06 avec une moyenne de 6,17, ceux qui ont comparable aux résultats des fromages artisanaux, qui sont compris une valeur maximale 5,84 et une valeur minimale 3,74 avec une moyenne de 5,14.

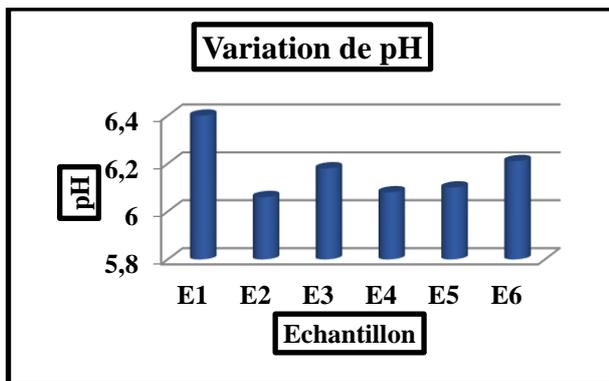


Figure 12: Variation du pH des échantillons de fromage industriel.

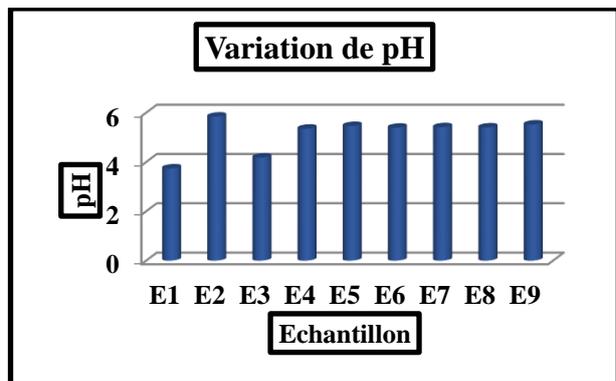


Figure 13: Variation du pH des échantillons du fromage artisanal.

Les résultats obtenue répond aux exigences de la norme du Journal Officiel de la République Algérien JORA, (1998), dont le pH exigé est compris entre 5,65 et 5,85 sauf E1 qui ne conforme pas à la norme.

En comparant les résultats de pH obtenus avec les résultats de pH de Rajai, (2022) et Laouissi et al., (2023), qui était (5,67 et 5,79) et 6,23 respectivement, on remarque qu'il présentent des valeurs inférieures ou proches, à ceux que nous avons obtenus dans les échantillons de fromage industriel et proches aux résultats des échantillons de fromage artisanal sauf E1 qui était très faible.

Les résultats montrent que le pH dépasse 6 et l'étude indique que la de les échantillons sera trop molle. S'il est inférieur à 5, le fromage va devenir friable.

L'ajustement du pH d'une formule de fromage fondu constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. Les valeurs du pH tolérées se situent entre **5,6** et **6,1**. En dehors de ces valeurs les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes, car les phases de peptisation et de restructuration ne sont possibles que dans cette gamme de pH. Vers un pH **5**, la capacité émulsifiante des caséines est altérée et ne permet plus l'émulsion (Messaoudene, 2013).

1.2.Détermination de l'acidité titrable

L'acidité du lait ou produit laitier, c'est la quantité d'acide lactique libéré par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques (Boumrah et al., 2021).

Les résultats de mesure d'acidité titrable du fromage sont résumés ci-dessous (Tableau 8) (Figures 14, 15).

Les résultats de l'analyse du variation de l'acidité titrable des six échantillons de fromage fondu industriel révèlent une valeur maximale **18** et une valeur minimale **7**, ceux qui sont comparable aux résultats des fromages artisanaux, qui sont compris une valeur maximale **28** et une valeur minimale **8**.

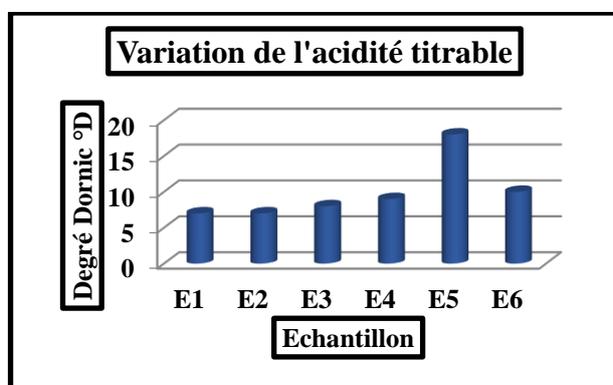


Figure 14: Variation de l'acidité titrable des échantillons du fromage industriel.

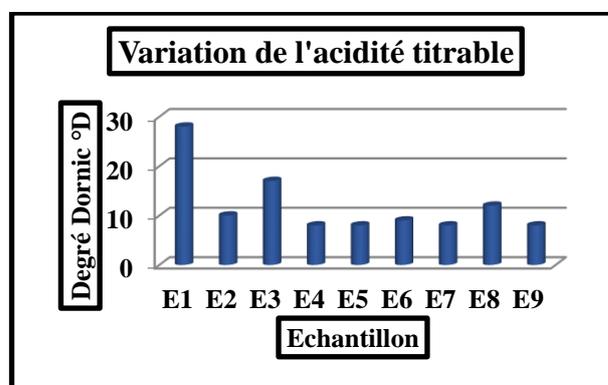


Figure 15: Variation de l'acidité titrable des échantillons du fromage artisanal.

En comparant les résultats de l'acidité titrable obtenus avec les résultats de Boukabou et al., (2019), qui était (36 et 42), on remarque qu'il présentent des valeurs très élevées, à ceux que nous avons obtenus dans les échantillons de fromage industriel et artisanal.

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 CO₂, et l'acide organique, le plus souvent l'acide citrique (Bechlem *et al.*, 2018).

1.3.Mesure de l'extrait sec total et l'humidité

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 (Adjlane, 2018).

Le taux d'humidité est un paramètre physico-chimique qui renseigne sur la consistance du fromage, il est inversement proportionnel à la dureté du fromage (Adjlane, 2018).

Les résultats de mesure de l'extrait sec total et l'humidité de fromage sont résumés ci-dessous (Tableau 8) (Figures 16, 17) :

La valeur de l'EST des six échantillons d fromage fondu industriel analyses montre que cette valeur varie entre une valeur minimale 43,86% et une valeur maximale 57,37%, ces valeurs sont comparables avec les résultats des fromages artisanaux qui comprise entre une valeur minimale 35,6% et une valeur maximale 47,2%.

Et pour les valeurs de l'humidité du fromage industriel varie entre une valeur minimale 42,63% et une valeur maximale 56,14%, ces valeurs sont comparables avec les résultats des fromages artisanaux qui comprise entre une valeur minimale 54,31% et une valeur maximale 64,4%.

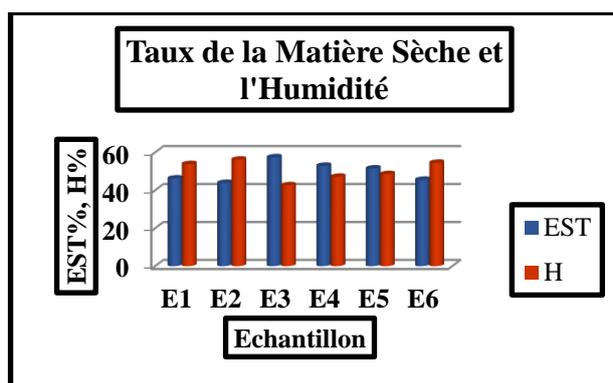


Figure 16: Variation de L'extrait sec total et l'humidité de fromage industriel.

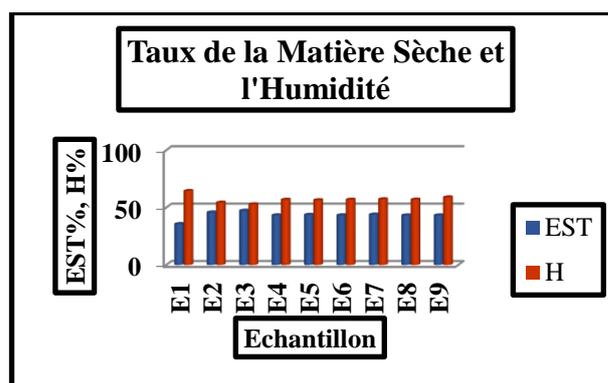


Figure 17: Variation de L'extrait sec total et l'humidité de fromage artisanal.

En comparants les résultats de l'extrait sec et du humidité obtenus avec les résultats de Guidou *et al.*, (2020) et Lazoul, (2019), on remarque qu'il présentent des valeurs inferieures

ou poroches **42,17%** et **46,23%** respectivement, à ceux que nous avons obtenus dans les échantillons de fromage industriel et proches aux résultats des échantillons de fromage artisanal sauf E1 qui était très faible.

En comparants avec les resultats obtenues par en qui présenté des valeurs proches par rapport aux résultats que nous avons obtenus ou le fromage industriel avec des valeurs très élevé dans quelques échantillons du fromage artisanal. Donc, nous avons notés que les échantillons de fromages industriels sont conformes à la norme **AFNOR 1986**.

Les taux de l'humidité que nous avons obtenus concordent avec ceux indiqués par le rapport de (**l'USDA, 2013**) et les travaux de (**Saputra, 2012**) et (**El-Bakry et al., 2010**) qui varient entre 40% et 60% (**Lazoul, 2019**).

Pour l'extrait sec, une valeur plus élevée que la norme, peut être dû à un excès D'égouttage lors du processus de fabrication (**Boudene et al., 2019**).

1.4.Détermination de taux de cendre

Les cendres sont les résidus inorganiques d'un produit après incinération de la matière organique à 550°C durant une heure trente minutes. Les cendres peuvent contenir une variété de composés inorganiques (**Bouchakrit et al., 2017**).

Les résultats de mesure du taux de cendre de fromage sont résumés ci-dessous (**Tableau 8**) (**Figures 18, 19**) :

Les résultats que nous avons obtenus varient entre une valeur maximale **11,1%** et une valeur minimale **6,4%**, et une valeur moyenne de **8,4%**, alors que le taux des cendres des échantillons du fromage artisanal a été d'une valeur maximale **4,9%** et d'une valeur minimale **1,9%** et une valeur moyenne de **4,04%**.

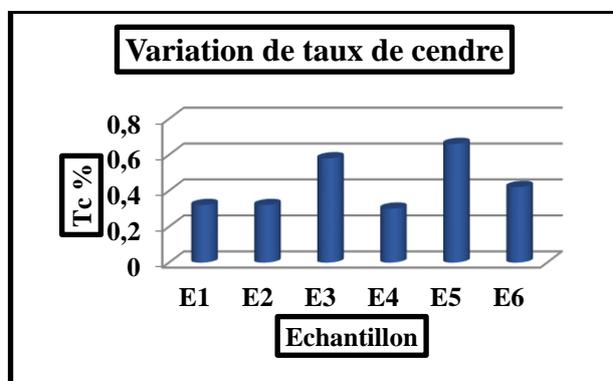


Figure 18: Variation de taux de cendre du fromage industriel.

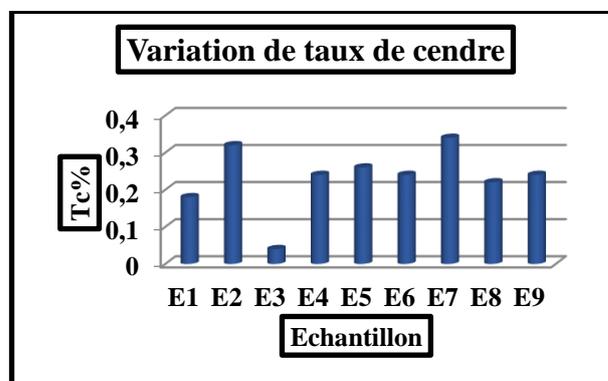


Figure 19: Variation du taux de cendre du fromage artisanal.

L'expression des cendres totales désigne la partie minérale solide d'un échantillon par Opposition à sa partie organique. La masse correspondante est déterminée par pesée du résidu obtenu après minéralisation. Ce résidu contient des sels minéraux tels que le Calcium, le phosphate, le sodium,...etc.

Il en ressort que nos résultats ont une valeur inférieure à la norme, Selon **Rihonnet (2016)**, qui cite le taux de cendres du fromage fondu fabriqué en France et 3% pour celui fabriqué aux USA, À tenir en compte, ce dernier est très sensible sous l'influence des autres paramètres qui ont une relation directe avec les conditions de stockage Et vente et surtout l'humidité (**Lakhel et al., 2023**).

1.5.Détermination de la teneur en matière minérale

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 (**Bechlem et al., 2018**).

Les résultats de la teneur en matière minérale sont présentés dans **les Figures 20, 21** suivantes :

Les résultats que nous avons obtenus varient entre une valeur maximale **11,1%** et une valeur minimale **6,4%**, et une valeur moyenne de **8,4%**, alors que le taux des cendres des échantillons du fromage artisanal a été d'une valeur maximale **4,9%** et d'une valeur minimale **1,9%** et une valeur moyenne de **4,04%**.

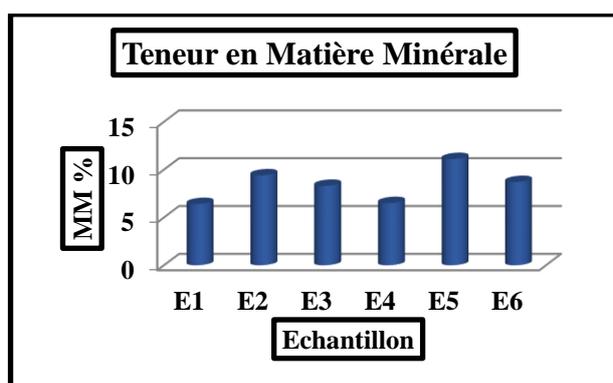


Figure 20: Variation du teneur en matière minérale du fromage industriel.

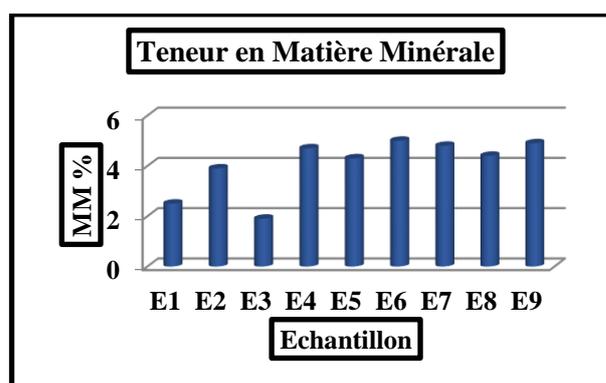


Figure 21: Variation du teneur en matière minérale du fromage artisanal.

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, migras, gras et extra-gras et **2,1%** pour un Fromage fondu double gras.

Les résultats sont supérieurs à la norme et cela peut être dû au pourcentage élevé des sels de fonte ajouter, parce que selon **Esteban et Marcos, (1989)** 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.

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 (**Hechlem et al., 2018**).

1.6.Détermination de la teneur en matière organique

La matière organique comprend les protéines, les graisses, les glucides et la moitié de nutriments qui constituent la majeure partie de tout produit alimentaire (**Bouchakrit et al., 2017**).

Les résultats de la teneur en matière organique sont présentés dans **les Figures 22, 23** suivantes :

Les résultats que nous avons obtenus varient entre une valeur maximale **49,07%** et une valeur minimale **40,39%** avec une moyenne de **41,16%**, alors que le taux des cendres des échantillons du fromage artisanal a été d'une valeur maximale **45,3 %** et d'une valeur minimale **33,1%** et une valeur moyenne de **39,01 %**.

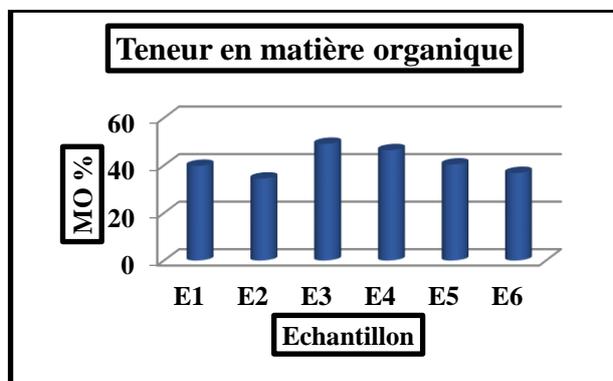


Figure 22: Variation du teneur en matière organique du fromage industriel.

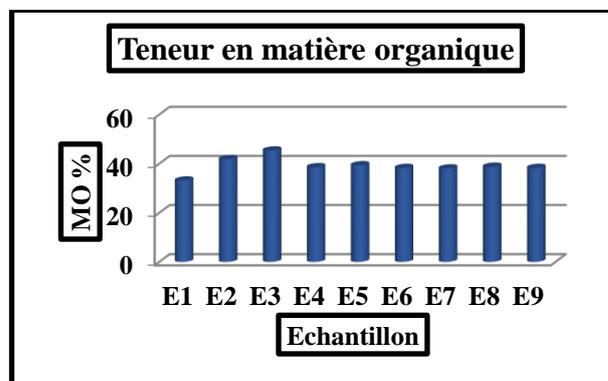


Figure 23: Variation du teneur en matière organique du fromage artisanal.

La matière organique varie selon la variation de la matière minérale et sèche, la différence entre les échantillons du fromage dû à des différences de composition de la matière première ou aux différences dans Les processus de fabrication (**Bechlem et al., 2018**).

1.7.Mesure le degré Brix

L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix ($^{\circ}\text{B}$ ou $^{\circ}\text{Bx}$) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Plus le $^{\circ}\text{Brix}$ est élevé, plus l'échantillon est sucré. Le degré Brix est représenté par l'équation suivante :

Degré Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) = 1g de saccharose / 100g de solution, L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix ($^{\circ}\text{B}$ ou $^{\circ}\text{Bx}$). **Lakhel et al., (2023)**.

Les résultats de mesure de Degré Brix sont présentés dans **les Figures 24,25** suivantes :

Les résultats obtenus montrent que le degré Brix des échantillons analyses varie entre une valeur maximale **2,4** et une valeur minimale **1,1** , et une moyenne de **1,65** pour les fromages industriels et de **1,33** dans tous les échantillons avec une moyenne de **1,33** pour le fromage artisanal.

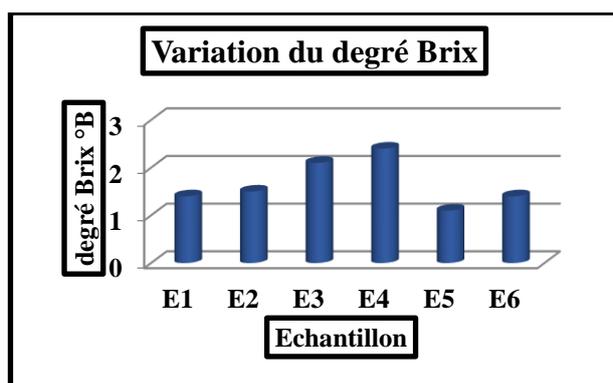


Figure 24: Variation du degré Brix du fromage industriel.

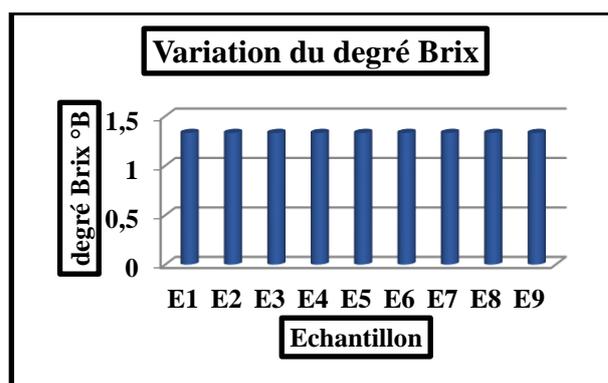


Figure 25: Variation du degré Brix du fromage artisanal.

En comparants avec la valeur rapportée par **Lakhel et al., (2023)** qui été 1,33 on constate que les valeurs obtenue par notre travail sont légèrement supérieurs pour les fromages industriels et conforme avec les valeurs des fromages artisanaux.

Le niveau Brix élevé peut être dû à l'ajout des additifs lors du processus de fabrication. Les résultats sont très proches à la norme.

Dans le secteur agro-alimentaire, cet indice est très utilisé Pour déterminer la teneur en sucre d'un produit alimentaire tel que les jus de fruits, confiture, Purée de fraises, les huiles et également les produits laitiers...etc. La répartition des sucres Affecte également la façon dont

elle réfracte la lumière. Partir de là, il est courant de Déterminer l'indice de réfraction. Ces indices sont fortement liés à la température qui joue un Rôle déterminant. (Lakhel et *al.*, 2023).

Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des fromages analysés.

Types de fromages	Echantillons	pH	Acidité titrable	Extrait sec total%	Humidité%	Taux de cendre	Matière minérale	Matière organique	Degré Brix
Fromage industriel	E1	6,40	7	46,21	53,79	0,32	6,4	39,81	1,4
	E2	6,06	7	43,86	56,14	0,32	9,4	34,46	1,5
	E3	6,18	8	57,37	42,63	0,58	8,3	49,07	2,1
	E4	6,08	9	52,89	47,11	0,3	6,5	46,39	2,4
	E5	6,10	18	51,49	48,51	0,66	11,1	40,39	1,1
	E6	6,21	10	45,52	54,48	0,42	8,7	36,82	1,4
Fromage artisanal	E1	3,74	28	35,6	64,4	0,18	2,5	33,1	1,33
	E2	5,84	10	45,69	54,31	0,32	3,9	41,79	1,33
	E3	4,18	17	47,2	52,8	0,04	1,9	45,3	1,33
	E4	5,35	8	43,2	56,8	0,24	4,7	38,5	1,33
	E5	5,46	8	43,6	56,4	0,26	4,3	39,3	1,33
	E6	5,39	9	43,2	56,8	0,24	5	38,2	1,33
	E7	5,41	8	43,8	57,2	0,34	4,8	38	1,33
	E8	5,40	12	43,1	56,9	0,22	4,4	38,7	1,33
	E9	5,52	8	43,11	58,89	0,24	4,9	38,21	1,33

2. Résultats des analyses microbiologiques

La flore microbienne des six échantillons du fromage fondu industriels et neuf échantillons du fromage artisanal a été dénombrée et les résultats obtenus sont consignés dans le **tableau 28** . L'analyse de ces derniers révèle que la concentration microbienne obtenue est fonction du produit analysé et du microorganisme recherché.

2.1.Dénombrement de la flore aérobie mésophile Totale (FAMT)

La flore aérobie mésophile générale (FAMT) est un bon indicateur de la qualité globale et de la stabilité du produit, indiquant ainsi la fraîcheur ou la qualité hygiénique du produit (**Brahmia et al., 2023**). Il représente une partie de la flore du produit et décrit bien le degré de contamination (**Brange et al., 2007**).

Les résultats de dénombrement des germes totaux à 37°C nous indiquent que le nombre des germes totaux est très variable (**Tableaux 9, 10**) (**Figures 26, 27**).

Les résultats de l'analyse du flore mésophile totale est compris une valeur maximale **590 UFC/g** et une valeur minimale **0**, avec une moyenne de **270,5 UFC/g** pour les fromages industriels, ceux qui ont comparables aux résultats des fromages artisanaux qui sont compris une valeur maximale **58.8× 10⁴ UFC/g** et une valeur minimale **63 UFC/g** avec des échantillons compris un taux de germe indénombrable.

Tableau 9 : Dénombrement de la flore mésophile totale du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre de FAMT (UFC/g)	0	483	590	0	0	550

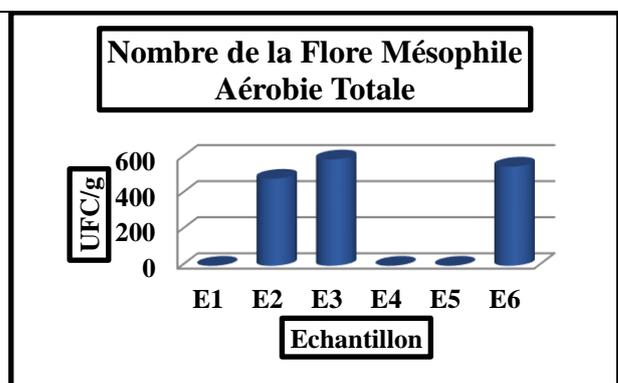
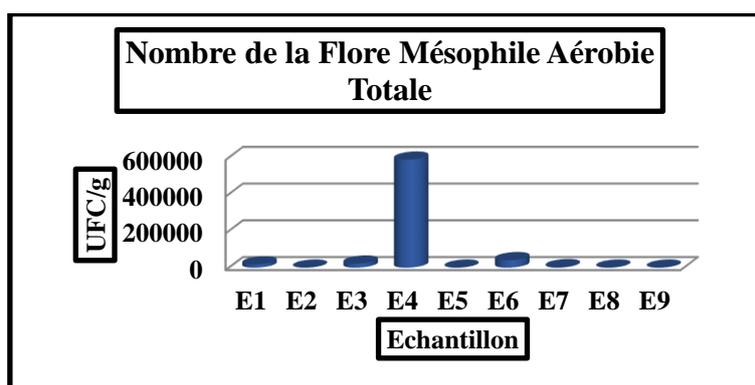


Figure 26: Variation du niveau de contamination par la flore totale mésophile dans les échantillons du fromage fondu industriel.

Tableau 10 : Dénombrement de la flore mésophile totale du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre de FAMT (UFC/g)	17567	Indénombrable	22000	588000	Indénombrable	40520	2493	167	63

**Figure 27**: Variation du niveau de contamination par la flore totale mésophile dans les échantillons du fromage fondu artisanal.

Les échantillons des fromages artisanaux présentent de façon significative les taux les plus élevés en flore totale.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le nombre de la flore total à 37°C pour les échantillons du fromage industriel étudiés est inférieur à celui exigé par les normes de **JORA, 1998**, par contre les résultats des échantillons du fromage artisanal sont supérieurs à celui exige par la norme **JORA**.

En comparants avec les valeurs rapportées par **Bechlem et al., (2018)** et **Bezza et al., (2021)** qui sont entre $11,7 \times 10^2$ et $88,2 \times 10^2$ on remarque que nos résultats sont inférieurs (fromages industriels) et de $4,73 \times 10^3$ et $4,94 \times 10^3$ on constate que les valeurs obtenue par notre travail sont supérieurs pour les fromages artisanaux

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 (Guiraud, 2012).

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale permet d'évaluer le degré du respect des règles d'hygiène lors de l'élaboration des produits. La rupture de la chaîne de froid et la non maîtrise de liaison chaude peuvent également être l'origine de prolifération ou survie des micro-organismes. Le nombre des germes totaux diminue avec l'importance du traitement thermique appliqué mais dépend aussi de la durée et des conditions de conservation. Ainsi, les taux élevés de contamination dans les fromages fondus que nous avons analysés peuvent être donc associés à des ingrédients de mauvaise qualité, des équipements insalubres ainsi qu'à une hygiène personnelle insuffisante. Cependant Eck et Gillis, (1997) notent que les fromages fondus restent des aliments à forte concentration en micro-organismes (Benamara, 2017).



Figure 28: Dénombrement de la flore mesophile totale.

2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont des entérobactéries (bacilles Gram-, asporulés, glucose+, oxydase-, nitrate réductase+, aérobies anaérobies facultatifs) qui fermentent le lactose avec production de gaz (Chermitti, 2017).

Les résultats du dénombrement des coliformes totaux et fécaux sont présentés dans les Tableaux 11, 12 et la Figure 29 ci-dessous :

Les résultats de l'analyse des coliformes totaux et fécaux des six échantillons de fromage fondu industriel révèlent une absence totale des coliformes.

Dans certains échantillons, la présence de bactéries coliformes totales a été détectée, avec des concentrations allant d'un maximum de 14×10^3 CT/g et un minimum de 0 avec une moyenne de 5×10^3 CT/g. La majorité (67 %) des échantillons de fromages artisanaux étaient contaminés.

Le tableau 12 montre que les coliformes fécaux varient d'un maximum de **95 x 10** CF/g et d'un minimum de **0** avec une moyenne de **160** CF/g. Ces résultats indiquent également que 33 % des échantillons de fromages artisanaux étaient contaminés par des bactéries coliformes fécales.

Tableau 11: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des coliformes totaux (CT/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Nombre des coliformes fécaux (CF/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 12 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des coliformes totaux (CT/g)	25×10	25×10 ²	3×10 ²	14×10 ³	14×10 ³	14×10 ³	-	-	-
Nombre des coliformes fécaux (CF/g)	-	-	4×10	95×10	45×10	-	-	-	-

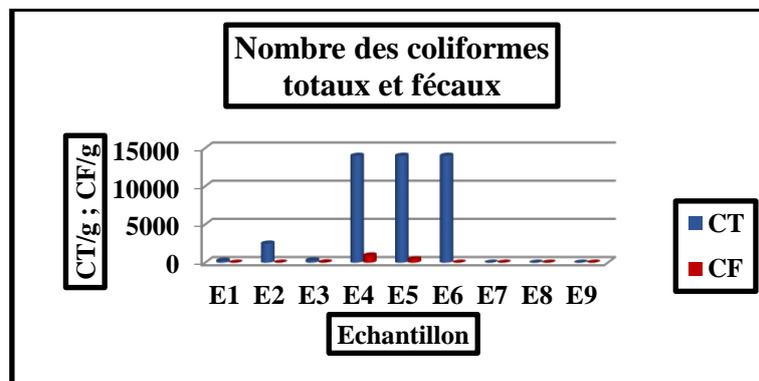


Figure 29: Variation du niveau de contamination moyenne par les coliformes totaux et fécaux entre les échantillons de fromage artisanal.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le nombre des coliformes totaux et fécaux à 37°C pour les échantillons du fromage industriel est inférieur à (**10²**) (**10**) celui exigé par les normes de (**JORA N°35,1998**). Par contre nous remarquons que le nombre des

coliformes pour les échantillons du fromage artisanal est supérieur aux normes de (JORA N°35,1998) (annexe 2).

En comparants avec les résultats obtenus par **Allioui et al., (2021)** qui sont entre 2×10^4 et $1,6 \times 10^5$ CT/g on remarque que nos résultats sont inférieurs à celui-ci. Et l'absence des coliformes fécaux donc nos résultats sont supérieurs.

Ce qui nous indique que le degré de contamination du fromage par les bactéries coliformes peut être lié aux conditions d'hygiène dans lesquelles s'effectuent la préparation et la manipulation des produits. Leur nombre peut aussi indiquer qu'ils se sont multipliés après la fabrication, c'est ce que semble d'ailleurs indiquer la plupart des échantillons examinés. Le nombre élevé de coliformes totaux s'accompagnait d'un nombre élevé de coliformes fécaux [4].



Figure 30: Test d'indole.

2.3.Le dénombrement des streptocoques totaux et fécaux

Ce sont des témoins de contamination fécale. Ils sont assez résistants même dans les milieux sales. Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées, par conséquent utilisés comme indicateur de la présence d'organismes pathogènes (**Mouaz et al., 2017**).

Les résultats obtenus sont très élevées et très variables entre les échantillons des fromages artisanaux étudiés (**Tableaux 13,14**) (**Figure 31**).

Les résultats de l'analyse des Streptocoques totaux et fécaux des six échantillons de fromage fondu industriel révèlent une absence totale des Streptocoques.

La présence de streptocoques totaux a été notée, avec des concentrations allant d'un minimum de 0 à un maximum de 14×10^3 ST/g. La majorité (78 %) des échantillons de fromages artisanaux étaient contaminés.

Le tableau 14 montre que les streptocoques fécaux a une valeur maximale de 25×10^2 ST/g et une valeur minimale de 0 . Ces résultats indiquent que 78 % des échantillons de fromage artisanal étaient contaminés par des streptocoques fécaux.

Tableau 13: Dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des streptocoques totaux (ST/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Nombre des streptocoques fécaux (SF/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 14 : Dénombrement des Streptocoques totaux et fécaux.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des streptocoques totaux (ST/g)	45×10^2	45×10^2	45×10	14×10^3	15×10^2	75×10	25×10	-	-
Nombre des streptocoques fécaux (SF/g)	25×10	95×10	45×10	25×10^2	95×10	75×10	25×10	-	-

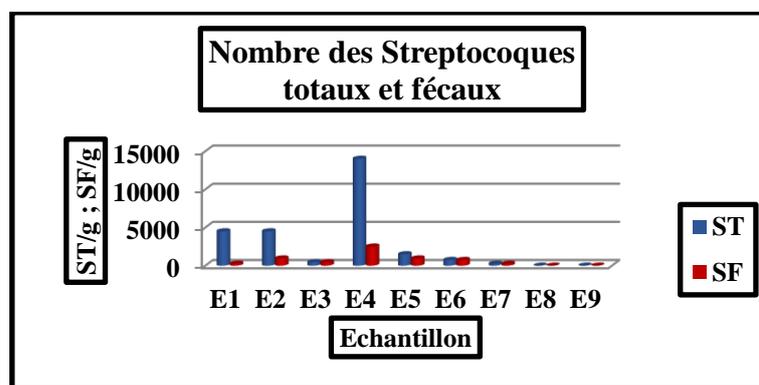


Figure 31: Variation du niveau de contamination moyenne par les Streptocoques totaux et fécaux entre les échantillons de fromage artisanal.

D’après les résultats obtenus, nous remarquons que le nombre des Streptocoques totaux à 37°C et fécaux à 44°C pour les échantillons du fromage industriel est inférieur à celui exigé par les normes du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2000). Par contre nous remarquons que le nombre des Streptocoques pour les échantillons du fromage artisanal est supérieur aux normes de (JORA, 2000).

La présence des streptocoques d'origine fécale dans les aliments indique une pollution ou une contamination fécale provenant de l'homme ou de l'animal et échantillons reflète le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.

2.4. Recherche de *Salmonella*

Les salmonelles sont des entérobactéries à Gram négatif, ce sont des bacilles mobiles dans toutes les directions grâce à des flagelles. Elles sont anaérobies facultatifs. La majorité des salmonelles ne fermentent pas le lactose (sauf *Salmonella arizonae*). Elles fermentent certains sucres avec production de gaz excepté pour *S. typhi*, *S. pullorumgallinarum* et *S. dublin*. Elles fermentent en majorité le dulcitol et produisent en général de l'H₂S (Hydrogène sulfureux) (Mehaddi et al., 2022).

Les résultats du recherche de *Salmonella* sont présentés dans les **Tableaux 15, 16** :

Les salmonelles n'ont pas été détectées dans les échantillons analysés. Ces échantillons sont conformes à la norme prévue par **JORA, 2017** (absence totale des salmonelles dans les fromages industriels).

Les échantillons des fromages artisanaux présentent de façon significative les taux les plus élevés en *salmonella*.

Tableau 15: Résultats de *Salmonella* du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Résultats	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 16: Résultats de *Salmonella* du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Résultats	Absence	Présence	Absence	Présence	Présence	Présence	Absence	Absence	Absence

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



Figure 32: Résultat du *salmonella*.

2.5.Dénombrement des Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des cocci à Gram positive, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des humains et des animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont les principaux : *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus épidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus Intermediusf* (**Boukerche et al., 2023**).

Les résultats du dénombrement des Staphylocoques sont présentés dans le **tableaux 17, 18 la Figure 33** :

Concernant le dénombrement des Staphylocoques, ne sont pas détectés dans les échantillons du fromage industriel, ceux qui ont comparables aux résultats des fromages artisanaux qui sont compris d'une valeur maximale **36407UFC/g** et une valeur minimale **0** avec une moyenne de **7043 UFC/g**.

Tableau 17: Dénombrement des staphylocoques du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des staphylocoques (UFC/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 18 : Dénombrement des staphylocoques du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des staphylocoques (UFC/g)	1416	17440	abs	36407	4166	893	140	2327	600

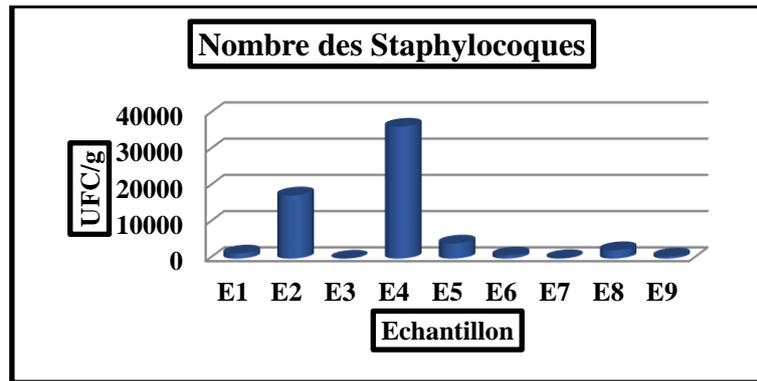


Figure 33: Variation du niveau de contamination moyenne par les Staphylocoques entre les échantillons de fromage artisanal.

Selon **JORA (2017)**, le nombre de staphylocoque nécessaire pour qu'il y'a danger d'intoxication est de l'ordre de 10^2 à 10^3 germes par gramme. et par comparaison avec notre résultats on constate que les six marques sont conformes.

Les résultats révèlent des nombres très élevées du *Staphylococcus* dans le fromage artisanal (E4, E2), ce qui ne conforme pas aux normes algériennes 10^3 à 10^4 .

Ces résultats présupposent que le traitement thermique du lait pour la fabrication du fromage a été inefficace ou que la contamination s'est produite après le traitement en raison de la manipulation ou du contact avec des surfaces qui n'est pas été correctement désinfectées.

Selon **Richard et al., (1997)**, les Staphylocoques peuvent se multiplier dans le fromage et produire des substances toxiques dont les toxines sont détectables dans le fromage lorsque le nombre des germes y atteint 5 à 10 millions par gramme. En effet, la concentration en NaCl des fromages est insuffisante pour la croissance des Staphylocoques pathogènes puisque ces germes tolèrent une concentration en Na Cl jusqu'à 20% alors que la concentration en NaCl de la plupart des fromages est comprise entre 1,6 et 2,5 % (**Lakhel, 2023**).



Figure 34: Dénombrement des staphylocoques.

2.6. Dénombrement des *Clostridium* Sulfito- Réducteur

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des témoins d'une pollution ancienne d'origine fécale. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Hallaci et al., 2019).

Les résultats du dénombrement des *Clostridium* Sulfito- Réducteur sont présentés dans le Tableau ci-dessous (Tableaux 19, 20).

D'après les résultats obtenus, nous avons notés l'absence totale de *Clostridium* Sulfito- Réducteur dans tous les échantillons.

Tableau 19: Dénombrement de *Clostridium* Sulfito- Réducteur du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des CSR (UFC/g)	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 20: Dénombrement de *Clostridium* Sulfito- Réducteur du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des CSR (UFC/g)	Absence								

En comparants avec les normes de (JORA n°39 :2017) en *Clostridium* Sulfito- Réducteur (CSR) qui présente une valeur microbiologique inférieur de 50UFC/g, étant donné que les résultats obtenus sont limités à la valeur la plus basse. Donc, nous avons notés que les échantillons de fromages industriels et artisanaux sont conformes à la norme Algérienne.

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*. 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 (Tamime, 2011).



Figure 35: Résultat dénombrement des *Clostridium* Sulfite-Réducteur.

2.7. Recherche de *Listeria monocytogenes*

Est une bactérie saprophyte à gram positif qui se nourrissent des déchets qu'ils soient humains ou végétaux, largement répandue dans la nature ; responsable d'infection sporadique qualifie ce qui touche seulement quelques individus au sein d'une population, cas par cas sans qu'il se forme une chaîne de transmission continue, les bactéries se prolifèrent facilement sur le milieu ordinaire entre 4°C et 45°C (Radjai et al., 2022).

Les résultats du dénombrement de *Listeria monocytogenes* sont présentés dans les (Tableaux 21, 22).

D'après les résultats obtenus, nous avons notés l'absence totale de *Listeria monocytogenes* dans tous les échantillons analysés.

Tableau 21: Dénombrement de *Listeria monocytogenes* du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des <i>Listeria</i> (UFC/g)	abs	abs	abs	abs	abs	abs

Tableau 22: Dénombrement de *Listeria monocytogenes* du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des <i>Listeria</i> (UFC/g)	abs								

En comparant avec les normes de (JORA n°39 :2017) en *Listeria monocytogenes* qui présente une valeur microbiologique inférieure de 100UFC/g.



Figure 36: Dénombrement de la *Listeria monocytogenes*.

2.8. Le dénombrement des levures et moisissures

Les levures et moisissures sont des agents importants de détérioration des aliments acides ou à faible activité d'eau.

La flore fongique peut avoir un rôle important dans la protéolyse, la lipolyse et la désacidification de la masse fromagère, ce sont des flores originales de lait ou due à une contamination (**Bouchakrit et al., 2017**).

Les résultats du dénombrement des levures et des moisissures sont présentés dans les (**Tableaux 23, 24**) et (**Figures 37, 38**).

Le dénombrement des levures et moisissures a révélé une tendance de variabilité importante dans les différents échantillons des fromages analysés.

On observe une valeur maximale **27** UFC/g et une valeur minimale **10** UFC/g pour le fromage fondu industriel ; ceux-ci sont comparables aux résultats des fromages artisanaux qui sont compris entre une valeur maximale **269933** UFC/g et une valeur minimale **30** UFC/g avec une moyenne de **40755,7** UFC/g pour les levures ; et d'une valeur maximale **4783** UFC/g et une valeur minimale **0** avec une moyenne de **776,5** UFC/g pour les moisissures. Donc présentent les charges les plus élevées.

Tableau 23: Dénombrement des levures et des moisissures du fromage industriel.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Nombre des levures (UFC/g)	27	27	10	27	20	0
Nombre des moisissures (UFC/g)	0	0	0	0	0	10

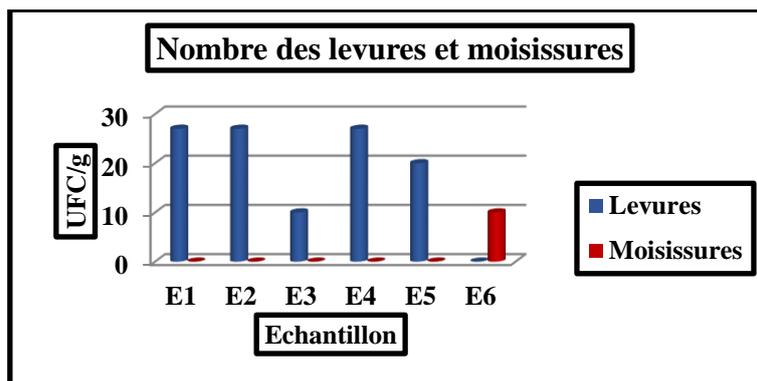


Figure 37: Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage industriel.

Tableau 24: Dénombrement des levures et des moisissures du fromage artisanal.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Nombre des levures (UFC/g)	26320	30	269933	3100	56333	1833	2343	3410	3500
Nombre des moisissures (UFC/g)	4783	333	120	1200	133	377	abs	abs	43

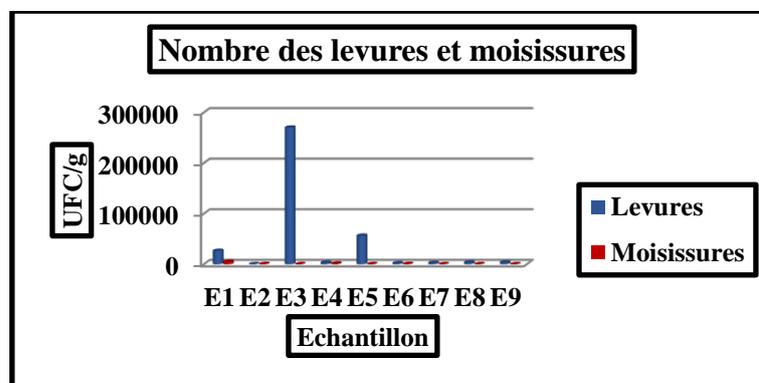


Figure 38: Variation du niveau de contamination par les levures et moisissures dans les échantillons de fromage artisanal.

Selon JORA, 2013 le nombre des levures et moisissures nécessaire est de l'ordre de 10^2 à 10^3 germes par gramme. et par comparaison avec notre résultats on constate que les six marques sont conformes.

Les résultats révèlent des nombres très élevées de levures dans le fromage artisanal (E1, E3, E5), ce qui ne conforme pas aux normes algériennes 10^3 à 10^4 .

Selon **Maiwore et al., (2018)** la présence des levures et des moisissures dans la plupart des échantillons serait due soit à de mauvaises conditions de stockage et de conservation, soit à une pasteurisation incomplète car ces microorganismes sont thermosensibles.

Les levures et les moisissures ont un pH optimal situé entre **4,5** et **6,5** donc elles peuvent parfaitement se développer dans les laits fermentés et y entraîner diverses altérations du produit. Il faut aussi noter que ces microorganismes ne sont pas gênés par l'acidité et se développent donc très facilement dans les laits fermentés (**Maiwore et al., 2018**). Ce qui explique nos résultats obtenus avec des valeurs de pH entre : 4,18 et 6,40 pour le fromage fondu.

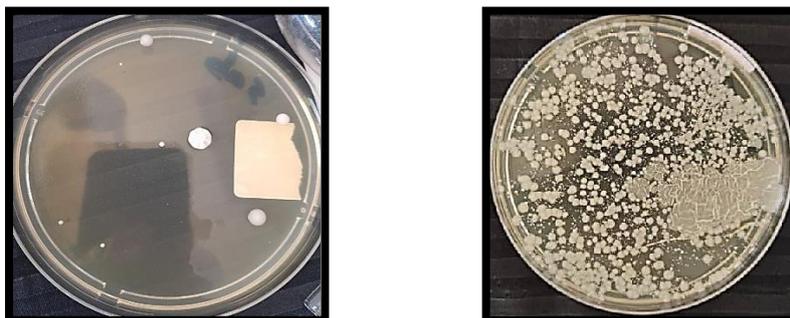


Figure 39: Dénombrement des levures et des moisissures.

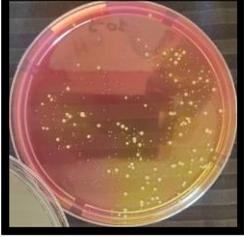
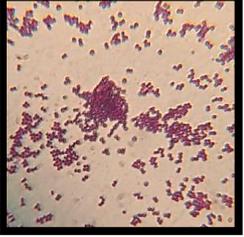
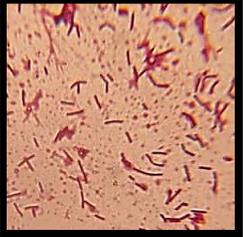
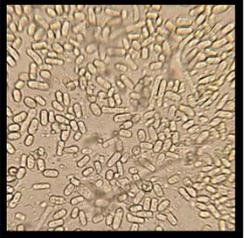
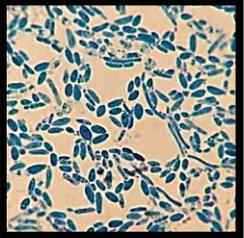
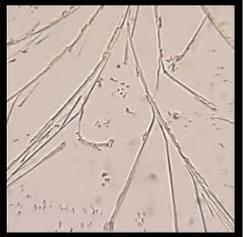
3. Recherche et identification des germes pathogènes

3.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram de différents germes isolés

La recherche de bactéries pathogènes a été réalisée sur plusieurs milieux de cultures. De plus, afin de rechercher certaines bactéries pathogènes (staphylocoques, entérobactéries), nous avons réalisé des observations macroscopiques, morphologiques et microscopiques de colonies isolées après coloration de Gram et utilisé des tests biochimiques. Les résultats obtenus sont résumés dans le **Tableau 25**.

Tableau 25: Aspect macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées.

Milieux de culture	Observation macroscopique	Observation microscopique
Gélose Chapman 	-Colonies jaunâtres, très petites, ronds, opaques, lisses à contours réguliers, isolés, plate, -Colonies jaunes, lisses, moyenne, rondes, bombées, opaque, a contours réguliers, plate, isolés.	- Cocci, Gram positif, isolées ou regroupés en diplocoques, tétrades ou en grappes de raisin.

		
<p>Gélose Hektoèn</p>  	<p>Colonies petites, isolé ou en amas, vertes, rondes, bombé, a contour régulier, bombé lisses.</p> <p>-Colonies moyennes, plates, lisses à contours réguliers, opaques, crémeuses, avec dégagement d'odeur.</p> <p>- lactose(+) couleur jaune</p> <p>Lactose (-) couleur vert, circulaires, bombées, lisses, à contours réguliers, opaques, avec dégagement d'odeur.</p>	<p>Bacilles, Gram négatif, isolés ou en amas.</p> 
<p>Gélose Sabouraud</p>  	<p>On a trouvé les levures et moisissures mais on n'a pas fait l'identification des espèces (manque de temps et de matériels (API))</p>	<p>Levure</p>   <p>moisissures</p> 



3.2. Résultats de l'identification biochimique

➤ Profil biochimique des *Staphylococcus*

Les résultats de l'identification biochimique montre que les staphylocoques présents dans les échantillons sont des *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus xylosus* catalase + (Tableau 26).

Tableau 26 : Résultats des essais biochimiques des staphylocoques.

	Résultats
Test de catalase	+
Coloration de Gram	+

3.3. Identification par les API systèmes

Les études biochimiques réalisées avec deux types de biosystèmes Mérieux (API 20 E, API Staph) ont permis d'identifier des espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* dans les fromages. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 27 et les Figures ci-dessous :**

Tableau 27: Résultats de l'identification par les API systèmes (API 20 E, API Staph) (Annexes 4,5).

API système	Milieux de culture	Espèces bactériennes identifiées
API 20 E	Hektoën	<i>Salmonella arizonae</i> <i>Salmonella spp</i>
API Staph	Chapman	<i>Staphylococcus hominis</i> <i>Staphylococcus xylosus</i> <i>Staphylococcus auricularis</i>



Figure 40 : Profil biochimique de la souche *Salmonella arizonae*.



Figure 41 : Profil biochimique de la souche *Salmonella spp.*

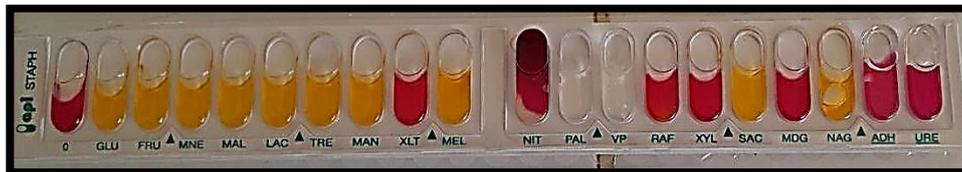


Figure 42 : Profil biochimique de la souche *Staphylococcus xylosum*.



Figure 43 : Profil biochimique de la souche *Staphylococcus hominis*.



Figure 44 : Profil biochimique de la souche *Staphylococcus auricularis*.

Tableau 28: Les résultats microbiologiques des fromages analysés (Récapitulatif).

Types de fromages	Echantillons	Flore totale	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques totaux	Streptocoques fécaux	<i>Salmonella</i>	Staphylocoques	<i>Clostridium</i> Sulfito-Réducteur	<i>Listeria monocytogenes</i>	Les levures	Les moisissures
Fromage industriel	E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	27
	E2	483	-	-	-	-	-	-	-	-	0	27
	E3	590	-	-	-	-	-	-	-	-	0	10
	E4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	27
	E5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	20
	E6	550	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0
Fromage artisanal	E1	17567	25×10	-	45×10 ²	25×10	-	1416	-	-	26320	4783
	E2	Inden	25×10 ²	-	45×10 ²	95×10	Présence	17440	-	-	30	333
	E3	22000	3×10 ²	4×10	45×10	45×10	-	-	-	-	269933	120
	E4	588000	14×10 ³	95×10	14×10 ³	25×10 ²	Présence	36407	-	-	3100	1200
	E5	Inden	14×10 ³	95×10	15×10 ²	95×10	Présence	4166	-	-	56333	133
	E6	40520	14×10 ³	-	75×10	75×10	Présence	893	-	-	1833	377
	E7	2493	-	-	25×10	25×10	-	140	-	-	2343	-
	E8	167	-	-	-	-	-	2327	-	-	3410	-
	E9	63	-	-	-	-	-	600	-	-	3500	43



Conclusion

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.

Cette étude nous donne un aperçu de l'état actuel de la qualité microbiologique et physico-chimique du fromage fondu industriel et du fromage artisanal commercialisés dans la wilaya de Guelma. La caractérisation microbiologique de ses échantillons révèle une qualité hygiénique non satisfaisante avec un pourcentage de non-conformité de 15 % pour fromage industriel, et 90 % pour le fromage artisanal selon les critères fixés par la réglementation algérienne.

Les fromages analysés avaient plus d'échantillons contaminés (9 sur 10) par les levures et moisissures. Tous les échantillons de fromage artisanal étaient contaminés par la FMAT et les coliformes totaux avec l'absence totale dans les échantillons du fromage industriel. Presque la moitié des échantillons analysés contenaient des coliformes fécaux. Les salmonelles, les *Clostridium* et *Listeria* quant à elles, n'étaient présentes dans aucun des échantillons du fromage industriel, par contre dans les fromages artisanaux les salmonelles, les Staphylocoques et les Streptocoques sont présentes dans la majorité des échantillons. La qualité des différents fromages artisanaux n'est pas satisfaisante.

Les résultats montrent que la qualité physicochimique des échantillons n'est pas bonne ou mauvaise. Il y a quelques résultats légèrement satisfaisants pour le fromage fondu mais ils ne sont pas acceptables en termes de normes requises. Pour les fromages artisanaux, les résultats sont décevants comme la valeur de taux de cendre est inférieure à la norme, et la teneur en matière minérale supérieur à la norme ... etc.

Ceci est dû au non-respect des normes lors du processus de fabrication, ce qui entraîne des conséquences graves pour la santé des consommateurs, et donc des précautions plus strictes doivent être prises dans le processus de fabrication pour maintenir la qualité des aliments, ainsi que la prise en compte des normes internationales et mondiales.

Comme perspective, nous proposons de :

- L'application des bonnes pratiques d'hygiène pendant la chaîne de fabrication, du transport et de stockage.

- Le respect de la chaîne du froid et des traitements thermiques appliqués.
- Respecter la pasteurisation qui détruit les germes pathogène.
- Évitez d'acheter du fromage artisanal dans des endroits qui ne respectent pas les conditions de prévention.



Références

- **Adjelane, S.** (2018). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de deux fromages fondus pasteurisés produits par la SARL RAMDY. Mémoire de master. Université de A. MIRA, Béjaia.
- **Allioui, M. et Benmaatallah, R.** (2021). Caractérisation physicochimique et microbiologique du fromage traditionnel «Bouhezza». Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **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.
- **Ammiche, Y. et Boudene, E.** (2020). Caractérisation physicochimique et microbiologique du fromage fondu, « Le Picon » de la fromagerie Bel Algérie. Mémoire de Master, Université de Saad Dahleb, Blida.
- **Bechlem, H. et Betatache, A.** (2018). Contrôle de qualité microbiologique et physicochimique des nouvelles marques de fromage fondu commercialisé dans la wilaya de Jijel. Mémoire de Master, Université de Mohammed Seddik Benyahia, Jijel.
- **Belaabed, H. Merabti, B. Merah, M.** (2020). Méthodes d'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique du lait pasteurisé conditionné selon les normes algériennes -Etude théorique-. Mémoire de Master. Université de Guelma.
- **Benamara, R, N.** (2017). *Identification et caractérisation de spores de Bacillus Cereus isolées de fromages fondus fabriqués en Algérie.* Thèse de Doctorat, Abou Bakr Belkaid de Tlemcen.
- **Berrehal, D.** (2020). Etude comparative de la qualité physicochimique du lait issu de deux régions différentes et son influence sur le fromage type camembert. Mémoire de Master, Université de Mouloud Mammeri, Tizi- Ouzou.
- **Bezza, F. Chouireb, S.** (2021). Recherche et identification de quelques bactéries pathogènes dans les produits laitiers (fromage traditionnel). Mémoire de Master. Université Amar Telidji, Laghouat.
- **Birali, M. Sumbu, Z. Walangululu, J.** (2019). *Contribution à l'étude des procédés de fabrication et des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles du fromage Mashanza produit au Sud-Kivu.* Journal of Applied Biosciences, 144, 14773 – 14783.
- **Bouderbala, N. Zemmour, H.** (2021). Etude Comparative De La Qualité Physicochimiques Et Bactériologiques des Eaux Des Sources. Cas De La Wilaya De Boumerdes. Mémoire de Master, Université M'Hamed Bougara, Boumerdes.

- **Boukerche, M. Selamia, N.** (2023). Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma. Mémoire de master. Université de 8 Mai 1945, Guelma.
- **Boumrah, Ch. Khirouni, R.** (2021). Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du lait UHT et lait en poudre. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma.
- **Bourouaiah, M. Boutebiba, M.** (2013). Contrôle 1 de qualité des fromages fondus commercialisés dans la wilaya de Jijel. Mémoire de Master, de Mohammed Seddik Benyahia, Jijel.
- **Boutonnier J. I.,** (2000). Fabrication du fromage fondu, Technique de l'ingénieur.
- **Branger, A. Roustel, S., Richer, M.** (2007). *Micro-biochimie et alimentation*. Vol 1, Edition Educagri, 343p.
- **Chambre, M. Goldschmidt, B. Lecomte, MC.** (2004). *Minéraux et fromage fondu*. Minéraux et produits laitiers, 565-584.
- **Chemache, L.** (2011). Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie. Mémoire de Magister, Université de Mentouri Institut De La Nutrition, De L'alimentation Et Des Technologies Agroalimentaires I.N.A.T.A.A., Constantine.
- **Chermitti, Kh.** (2017). Identification biochimique, microbiologique du lait de vache destiné à la fabrication du fromage à Pâte molle. Mémoire de master. Université de Tlemcen.
- **Dellaras, C.** (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Règlements - Prélèvements - Analyses. tec et doc. Paris.
- **Djenidi, R.** (2016). *Étude de la contamination superficielle des carcasses ovines à l'aide d'examen bactériologiques au niveau de l'abattoir de Bordj Bou Arréridj*. Revue Agriculture. 47-56 p.
- **Gadi, B. et Hamama, M.** (2020). Essai de fabrication et caractérisation d'un fromage frais, à base du lait de dromadaire et lait de chèvre par la pepsine de poulet. Mémoire de master. Université de Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued.
- **Goulet-Beaulieu, V.** (2013). Croissance de *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* dans un fromage modèle Camembert réduit en NaCl ou partiellement substitué en KCl. Mémoire de Master, Université LAVAL, Québec, Canada.
- **Guidou, F. et Larras, L.** (2020). Essai de valorisation du lactosérum doux, comme substituant d'eau, dans la formulation d'un fromage fondu épicé au niveau de la

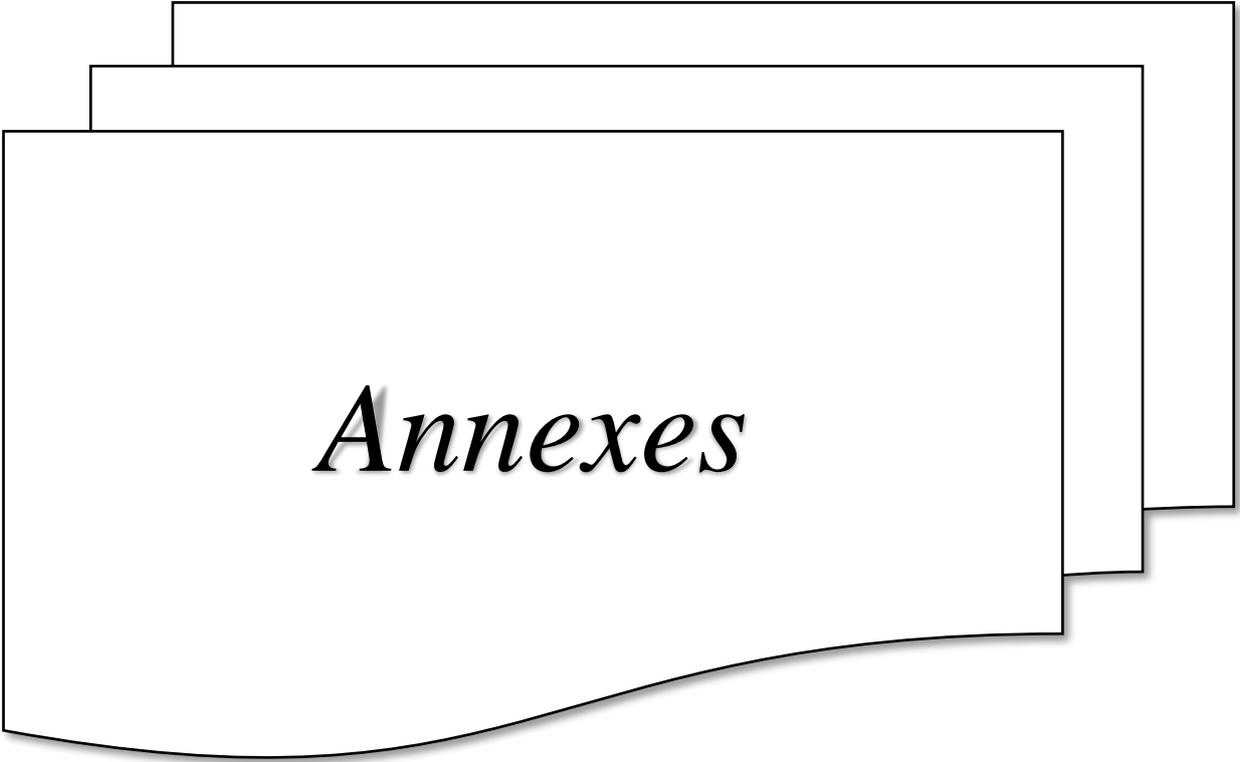
fromagerie Pâturages d'Algérie (Tizi Ouzou). Mémoire de Master, Université de Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

- **Guiraud, J. P.** (2012). Microbiologie Alimentaire. France. DUNOD. p 140, 141.
- **Hallaci, S. Mahboubi, L.** (2019). Influence des rejets liquides du complexe GL1/K sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Saf-Saf –SKIKDA-. Mémoire de Master. Université de Guelma.
- **Hamama, A.** (1989). *Qualité bactériologique des fromages frais marocains*. Option méditerranéennes série séminaires, n°6 :225.
- **Hermier., J. Lenoir., J. et Weber., F.** (1992). Les groupes microbiens d'intérêt laitier. Edition CEPIL, Paris.
- **JORA (Journal Officiel De La République Algérienne)** N° 25. Arrêté du 4 mai 2014
- **JORA (Journal Officiel De La République Algérienne)** N° 35. 1998.
- **JORA (Journal Officiel De La République Algérienne)** N° 39 Arrêté du 2 juillet 2017 Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.
- **JORA (Journal Officiel De La République Algérienne)** N° 42 Arrêté du 15 juin 2005
- **JORA (Journal Officiel De La République Algérienne)** N° 70 Arrêté du 7 novembre 2004
- **JORA (Journal Officiel de La République Algérienne)**, 2013. Arrêté du 8 décembre 2013 rendant obligatoire une méthode de détermination de la teneur en matière sèche des fromages Et des fromages fondus.
- **Khelloufi, M.** (2015). Contrôle De La Qualité Microbiologique Et Physico-Chimique Du Fromage Fondu «O'kids» Produit A Blida. Mémoire de Master, Université Saad Dahleb, Blida1.
- **Lakhel, S. et Laouissi, M. et Maachi, R.** (2023). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des dérivés laitiers, yaourt et fromage fondu. Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **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.
- **Lazoul, B.** (2019). Caractéristiques Physicochimiques, Nutritionnelles, et Sensorielles de Cinq Marques de Fromage « Fondu/Analogue » Commercialisées en Algérie. Mémoire de Master, Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- **Luquet, F.M.** (1985). Les produits laitiers Vache. Brebis. Chevre.2 Technique et Documentation-Lavoisier. Paris. P 69, 70.

- **Luquet, F.M.** (1985). Les produits laitiers Vache. Brebis. Chevre.3 Technique et Documentation-Lavoisier. Paris. P 257, 258, 259.
- **Maïwore, J. Baane, M. P. L. Tatsadjieu Ngoune, L. Fadila, J.A. Yaouba Yero, M et Montet, D.** (2018). *Qualité microbiologique et physico-chimique des laits fermentés consommés à Maroua (Cameroun)*. Int. J. Biol. Chem. Sci, 12(3), 1234-1246.
- **Mehaddi, K. Aoudjehout, N.** (2022). Analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières jusqu'au produit fini de fromage fondu produit au niveau de Laiterie fromagerie de BOUDOUAOU. Mémoire de master. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- **Mouaz, N. Bentchich, K.** (2017). Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'Oued de Cheliff. Mémoire de master. Université de Khemis-Miliana.
- **Naili, S.** (2021). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du fromage frais type Mozzarella. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider, Biskra.
- **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.
- **Quynh My, O.** (2019). Caractérisation physico-chimique et microbiologique des fromages fermiers. Mémoire de Master, Université de Liège, Belgique.
- **Radjai, N. Messadek, W.** (2022). Exploration des impacts d'une conservation à différentes températures pendant différentes durées sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage fondu fabriqué et commercialisé dans la wilaya de BBA. Mémoire de master. Université de Mohamed El Bachir El Ibrahim, Bordj Bou Arréridj.
- **Richard, J. Desmazeaud.** (1997). *La flore microbienne du lait cru destiner aux fromageries*. In : Le fromage. Tee et Doc. Lavoisier, 203.
- **Richonnet, C.** (2016). *Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus*. Cahiers de nutrition et de diététique. Cah Nutr Diet. 51(1) : 48-56.
- **Roustel S. et Boutonnier J. L.,** (2015). *Fromage fondu : Technologie de fabrication et contrôle qualité*. Techniques de l'ingénieur, F6311 : 1: 1-19.
- **Roustel, S.** (2014). Fromage fondu : physico-chimie du processus de fonte.

- **Sehli, S.** (2017). Caractéristique microbiologique et physico-chimique du lait pasteurisé El-Mouroudj de la région de Telemcen. Mémoire de Master. Université Abou Bekr Belkaid-Telemcen.
- **Tabak, S. et Bensoltane, A.** (2012) : *L'activité antagoniste des bactéries lactiques (Streptococcus thermophilus, Bifidobacterium bifidum et Lactobacillus bulgaricus) vis-à-vis de la souche Helicobacter pylori responsable des maladies gastroduodénales.* Nature & Technologie, 06, 71-79.
- **Tamime, A. Y.** (2011). *Processed cheese and analogues: An overview. Processed cheese and analogues.* UK : Oxford.
- **Varunsatian, S. Watanabe, K., Hayakawa, S. Nakamura, R.** (1983). *Effects of Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ and Na⁺⁺ on heat aggregation of whey protein concentrates.* J Food Sci. Vol. 48, p42.
- **Veisseyre, R.** (1966). *Technique laitières «récolte, traitement et transformation du lait»,* 2^{ème} Edition, 241 p, Paris.

- [1] <https://www.inspq.qc.ca/en/node/1848> .
- [2] <https://www.fao.org/3/t4280f/T4280F0f.htm> .
- [3] <https://thelmasamuel2.wixsite.com/fromage/le-fromage->
- [4] <https://www.inspq.qc.ca/en/node/1848>



Annexes

Annexe 1 : table Mac Grady.

3 tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Annexe 2 : Journal Officiel de la République Algérienne N 35.

Aouel Safar 1419 27 mai 1998		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35		9
TABLEAU I (suite)				
PRODUITS	n	c	m	
7. Lait déshydraté destiné aux industries alimentaires:				
— germes aérobies à 30° C	1	—	2.10 ⁶	
— coliformes	1	—	1	
— clostridium sulfite-réducteurs à 46° C	5	2	absence	
— antibiotiques	1	0	absence	
8. Yaourts ou yoghourts :				
— coliformes	5	2	10	
— coliformes fécaux	5	2	1	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10	
— levures	5	2	<10 ²	
— moisissures	5	0	absence	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
9. Laits acidifiés :				
— coliformes	5	2	3.10 ⁴	
— coliformes fécaux	5	2	30	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	3.10 ²	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
10. Fromages frais :				
— coliformes	5	2	10	
— coliformes fécaux	5	2	1	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
— <i>Listeria monocytogene</i>	5	0	absence	
11. Fromages à pâtes molle :				
— coliformes	5	2	10 ²	
— coliformes fécaux	5	2	10	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	1	10 ²	
— clostridium sulfite-réducteurs à 46° C	5	2	1	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
— <i>Listeria monocytogene</i>	5	0	absence	
12. Fromages à pâtes dure et demi-dure :				
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	1	10 ²	
— <i>Salmonella</i>	5	0	absence	
— <i>Listeria monocytogene</i>	1	0	absence	
13. Glaces et crèmes glacées :				
13.1. Glaces et crèmes glacées de consommation :				
— germes aérobies à 30° C	5	2	5.10 ⁴	
— coliformes	5	2	10 ²	
— coliformes fécaux	5	2	1	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10	
— <i>Salmonella</i>	10	0	absence	
13.2. Préparation pour glaces et crèmes glacées :				
— germes aérobies à 30° C	5	2	2.5.10 ¹	
— coliformes	5	2	10	
— coliformes fécaux	5	2	1	
— <i>Staphylococcus aureus</i>	5	2	10	
— <i>Salmonella</i>	10	0	absence	

Annexe 3 : Journal Officiel de la République Algérienne N 39.

8 Chaoual 1438 2 juillet 2017		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39				13
ANNEXE I						
Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires						
1- Lait et produits laitiers						
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)/g ou ufc/ml)		
		n	c	m	M	
Lait cru	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 ⁵	3.10 ⁶	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	2	5.10 ²	5.10 ³	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
	Antibiotiques	1	—	Absence dans 1 ml		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁴	10 ⁵	
	Enterobacteriaceae	5	0	10		
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
Lait UHT et lait stérilisé	Germes aérobies à 30 °C	5	0	10/0.1ml		
Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Fromages au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ⁴	10 ⁵	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Crème au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		

Annexe 4 : lecture de l'API 20^E

Tests	Composants	QTE (mg/cup.)	Réactifs / Enzymes	Résultats	
				Négatif	Positif
ONPG	2-nitrophényl-β-D-galactopyranoside	0,223	β-galactosidase (Ortho-NitroPhényl-β-D-Galactopyranosidase)	Incolore	Jaune
ADH	L-arginine	1,9	Arginine Dihydrolase	Jaune	rouge / orangé
LDC	L-lysine	1,9	Lysine Décarboxylase	Jaune	rouge / orangé
ODC	L-ornithine	1,9	Ornithine Décarboxylase	Jaune	rouge / orangé
CIT	trisodium citrate	0,756	utilisation du Citrate	vert pâle / jaune	bleu-vert / bleu
H₂S	sodium thiosulfate	0,075	production d'H ₂ S	incolore / grisâtre	dépôt noir / fin liseré
URE	Urée	0,76	Uréase	Jaune	rouge / orangé
TDA	L-tryptophane	0,38	Tryptophane Désaminase	TDA / immédiat	
				Jaune	marron- rougeâtre
IND	L-tryptophane	0,19	production d'Indole	JAMES / immédiat	
				incolore vert pâle / jaune	Rose
VP	sodium pyruvate	1,9	production d'acétoïne (Voges Proskauer)	VP 1 + VP 2 / 10 min	
				incolore / rose pâle	rose / rouge
GEL	Gélatine (origine bovine)	0,6	Gélatinase (Gelatine)	non diffusion	diffusion du pigment noir
GLU	D-glucose	1,9	Fermentation oxydation(Glucose)	bleu / bleu-vert	jaune / jaune gris
MAN	D-mannitol	1,9	fermentation / oxydation (Mannitol)	bleu / bleu-vert	Jaune
INO	Inositol	1,9	fermentation / oxydation (Inositol)	bleu / bleu-vert	Jaune
SOR	D-sorbitol	1,9	fermentation / oxydation (Sorbitol)	bleu / bleu-vert	Jaune
RHA	L-rhamnose	1,9	fermentation / oxydation (Rhamnose)	bleu / bleu-vert	Jaune
SAC	D-saccharose	1,9	fermentation / oxydation (Saccharose)	bleu / bleu-vert	Jaune
MEL	D-melibiose	1,9	fermentation / oxydation (Melibiose)	bleu / bleu-vert	Jaune
AMY	amygdaline	0,57	fermentation / oxydation (Amygdaline)	bleu / bleu-vert	Jaune
ARA	L-arabinose	1,9	fermentation / oxydation (Arabinose)	bleu / bleu-vert	Jaune
OX	(voir notice du test oxydase)		cytochrome-Oxydase	(voir notice du test oxydase)	

Annexe 5 : lecture de l'API Staph

Tests	Substrat	Caractère recherché	Résultats	
			négatif	positif
0	Aucun	Témoin négatif	Rouge	-
GLU	D-glucose	Témoin positif		Jaune
FRU	D-fructose	Acidification à partir du carbohydre		
MNE	D-mannose			
MAL	Maltose			
LAC	Lactose			
TRE	D-tréhalose			
MAN	D-mannitol			
XLT	Xylitol			
MEL	D-melibiose			
NIT	Nitrate de potassium			
			Incolore / rose	Rouge
PAL	<i>β-naphtyl</i> Ac.phosphate	Phosphatase alcaline	ZYM A + ZYM B / 10 min	
			Jaune	Violet
VP	Pyruvate de sodium	Production d'acétyl méthyl-carbonyl	VP1+VP2/10min	
			Incolore/ rose	Violet /rose
RAF	Raffinose	Acidification à partir du carbohydre	Rouge	Jaune
XYL	Raffinose			
SAC	Xylose			
MDG	Saccharose			
NAG	α –méthyl-D-glucosamine			
ADH	Arginine	Arginine dihydrolase	Jaune	Orange / rouge
URE	Urée	Uréase	Jaune	Rouge /violet

Résumé

Abstract

ملخص

Le fromage est un moyen très ancien pour la conservation du lait. L'étape clé de la réussite d'un fromage est la coagulation. Parmi les fromages les plus consommés dans l'univers et notamment en Algérie est le fromage fondu qui est le fromage le plus cher, et le principal fromage produit dans le pays et largement consommé. Il y a donc un intérêt à évaluer le risque sanitaire lié à la consommation du fromage fondu en Algérie. Ainsi, ce type de fromage peut être la cause de toxi infections alimentaires collectives. La qualité microbiologique du fromage fondu n'est pas normalisée en Algérie, il est classé avec les fromages à pâte molle. La caractérisation microbiologique de ses échantillons révèle une qualité hygiénique non satisfaisante avec un pourcentage de non-conformité de 15 % pour fromage industriel, et 90 % pour le fromage artisanal selon les critères fixés par la réglementation algérienne. Les fromages analysés avaient plus d'échantillons contaminés par les levures et moisissures. Tous les échantillons de fromage artisanal étaient contaminés par la Flore Mésophile aérobie totale et les coliformes totaux avec l'absence totale dans les échantillons du fromage industriel. Presque la moitié des échantillons analysés contenaient des coliformes fécaux. Les salmonelles, les *Clostridium* et *Listeria* quant à elles, n'étaient présentes dans aucun des échantillons du fromage industriel, par contre dans les fromages artisanaux les salmonelles, les Staphylocoques et les Streptocoques sont présentes dans la majorité des échantillons. Les résultats montrent que la qualité physicochimique des échantillons n'est pas bonne ou mauvaise, parce qu'il ne respecte pas les normes.

Mot clé : Fromage fondu, qualité microbiologique, fromage artisanal qualité physico-chimique. Fromage industriel

Cheese is a very old way of preserving milk. The key step in the success of a cheese is coagulation. Among the cheeses most consumed in the universe, and especially in Algeria, is the cheese melted, which is the most expensive cheese, and the main cheese produced in the country and widely consumed. There is therefore an interest in assessing the health risk associated with the consumption of processed cheese in Algeria. Thus, this type of cheese can cause mass food-borne infections. The microbiological quality of the processed cheese is not standardized in Algeria; it is classified with soft cheeses. The microbiological characterization of its samples reveals an unsatisfactory hygienic quality with a non-compliance percentage of 15% for industrial cheese, and 90% for artisanal cheese according to the criteria set by the Algerian regulations. The cheeses analyzed had more samples contaminated by yeasts and molds. All samples of artisanal cheese were contaminated with total aerobic mesophilic flora and total coliforms with the total absence in samples of industrial cheese. Almost half of the samples analyzed contained fecal coliforms, whereas *Salmonella*, *Clostridia* and *Listeria* were not present in any of the samples of industrial cheese, whereas artisanal cheese, *Salmonella*, *Staphylococci* and *Streptococci* are present in the majority of samples. The results show that the physicochemical quality of the samples is not good or bad, because it does not comply with the standards.

Key word : Processed cheese, microbiological quality, artisanal cheese, physico-chemical quality, industrial cheese

الجبن طريقة قديمة للحفاظ على الحليب ، اعتمادا على الخطوة الرئيسية لنجاحه التي هي عملية التخثر . من بين الاجبان الاكثر استهلاك في الجزائر هو الجبن الذائب الذي يعد اعلى الاجبان و منتج رئيسي على نطاق واسع ، مما يجعله تحت الرقابة للإهتمام بالمخاطر الصحية المترتبة على كثرة استهلاكه ، فلهذا يمكن ان يكون هذا النوع من الاجبان سببا في التسمم الغذائي الجماعي . كشف التشخيص الميكروبيولوجي عن نتائج غير مرضية بالنسبة للعينات المأخوذة في الجزائر المصنفة من الاجبان الطرية ،بالاضافة الى عدم الامتثال بنسبة 15 % للجبن الصناعي و نسبة 90 % للجبن الحرفي وفقا للمعايير الجزائرية، حيث بينت التحاليل ان عينات الجبن الحرفي ملوثة بالخمائر و العفن ، و ايضا جميعها ملوثة بمجموعة الفلورة الهوائية المتوسطة و القولونيات ، مقارنة بالغياب التام للسالمونيلا و الكلوستريديوم و ليستيريا في الجبن الصناعي ، كما بينت النتائج ان ما يقارب نصف العينات تحتوي على قشريات البراز و اغلبها تحتوي على السالمونيلا و المكورات العنقودية في الجبن الحرفي . من ناحية اخرى بينت التحاليل ان الجودة الفيزيائية الكيميائية غير مرضية الى سينة بالنسبة للجبن الحرفي لان النتائج غير موافقة للمعايير المضبوطة.

الكلمة الرئيسية: الجبن المذاب، الجودة الميكروبيولوجية، الجبن الصناعي ، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الجبن

الحرفي.