

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 : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

Thème

Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des dérivés laitiers, yaourt et fromage fondu.

Présenté par :

- Lakhel Selma
- Laouissi Meriem
- Maachi Roumaissa

Devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{me} LAOUABDIA SELLAMI Nadjette (Pr)	Université de Guelma
Examinatrice :	M ^{me} SLIMANI Atika (MAA)	Université de Guelma
Encadreur :	M ^{me} ELBAH Djamila (MCB)	Université de Guelma

Juin 2023

Remerciements

*Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à **Dieu***

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage, patience et foie pour accomplir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la participation de plusieurs personnes à qui nous voudrions adresser toute notre reconnaissance.

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice, **M^{me} Elbah D.** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils et ses encouragements.*

Nos remerciements vont également à :

***M^{me} Laouabdia N.S.** pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et à **M^{me} Slimani A.** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à remercier **M^{me} Nadjah** et tout le personnel du laboratoire de contrôle de qualité.*

Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à l'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens durant tout notre cursus.

Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidés à la réalisation de ce modeste travail



Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma gratitude sans fin.

À ma mère qui a toujours été mon lieu d'attachement et ma boussole, merci pour votre amour inconditionnel, votre dévouement et votre soutien indéfectible. Tu étais la lumière qui a éclairé mon chemin à travers les temps sombres et tu as toujours cru en moi, même quand je doutais.

À mon père qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissant pour vos conseils avisés et votre soutien indéfectible. Vous m'avez inspiré à viser plus haut et à poursuivre mes rêves. Je vous suis infiniment reconnaissant pour votre soutien indéfectible, votre confiance en moi et votre amour.

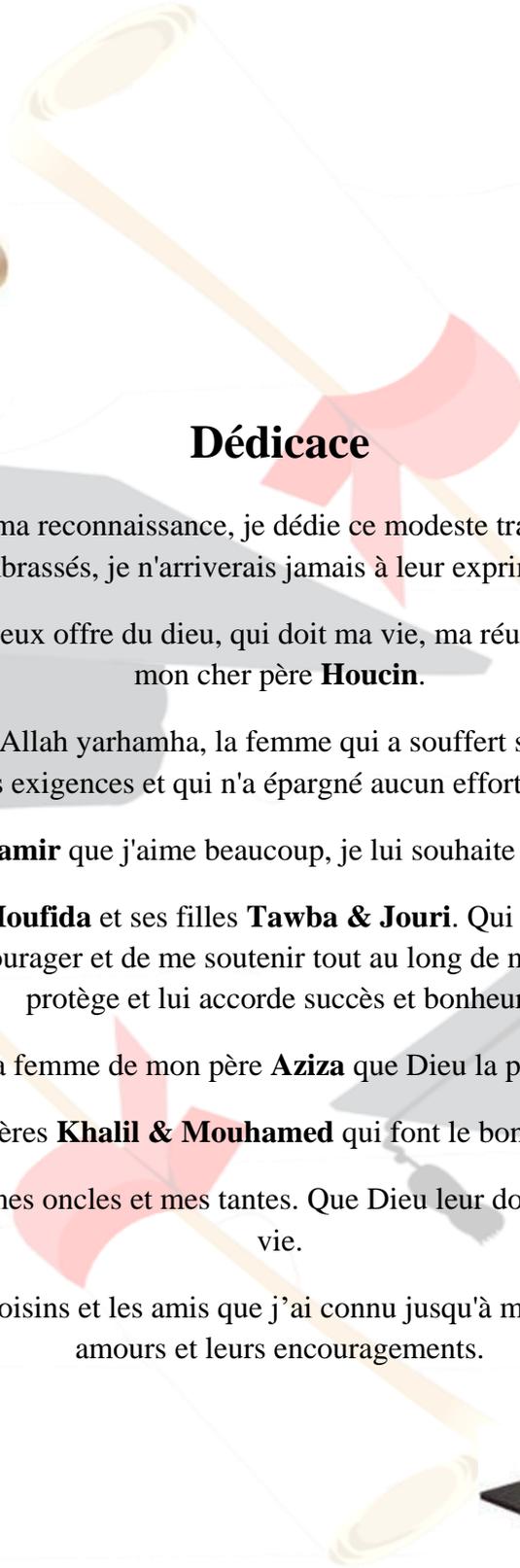
À mon cher frère **Mouhaned** et à ma sœur bien-aimée **Chayma**, qui sont aussi mes amis les plus chers, je vous remercie pour votre soutien continu, votre sens de l'humour et votre présence réconfortante. Tu es la source de ma joie et de mon bonheur, et je suis fier de t'avoir dans ma vie.

À mes amis qui ont été mes piliers dans les moments. Dans les moments troublés et mes partenaires de fête dans les moments de joie, je vous remercie pour votre amitié sincère, votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel.

Outre les noms cités, il y a un cercle précieux de personnes qui ont joué un rôle important dans mon parcours. Je vous exprime ma gratitude pour votre présence et votre soutien qui ont laissé des empreintes positives dans ma vie.



Selma



Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quel que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

À l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :
mon cher père **Houcin**.

À **mon adorable mère** Allah yarhamha, la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse.

À mon cher frère **Samir** que j'aime beaucoup, je lui souhaite bonheur et longue vie.

À ma chère sœur **Moufida** et ses filles **Tawba & Jouri**. Qui n'a jamais cessé de me conseiller, de m'encourager et de me soutenir tout au long de mes études. Que Dieu la protège et lui accorde succès et bonheur.

À la femme de mon père **Aziza** que Dieu la protège.

À mes petits frères **Khalil & Mouhamed** qui font le bonheur de la maison

À mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

À tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.



Meriem



Dédicace

Je dédie ce travail,

Pour ceux qui ont donné un sens à mon existence, à travers le spectacle

Une éducation digne de confiance qu'attendez-vous patiemment pour les fruits d'une bonne éducation à celui qui m'a donné la vie, symbole de tendresse, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et le succès de maman...

À mon père, mon professeur d'enfance, qui a été mon ombre tout au long de mes années d'école, et celui qui m'a observé toute ma vie m'encourage, m'aide et me protège.

Merci et reconnaissance à tous les membres de ma famille

À mon cher frère et sa femme, à mes chères sœurs et leurs enfants, à ma tante et sa fille, je vous souhaite bonne chance, et j'envoie également tous les sentiments de respect, d'amour et de gratitude à mon cher mari.

Roumayssa



Table des matières :

Introduction	1
--------------------	---

Synthèse bibliographique

Produits laitiers	3
-------------------------	---

Chapitre 01 : Yaourt

1. Historique	4
2. Définition	4
3. Composition	5
4. Classification	6
5. Les bactéries spécifiques du yaourt	7
5.1. L'espèce <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	7
5.2. L'espèce <i>Streptococcus thermophilus</i>	8
5.3. La proto-coopération entre <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i>	9
6. Technologie de fabrication du yaourt	10
6.1. Préparation du lait.....	10
6.2. Standardisation du mélange	11
6.3. Homogénéisation.....	12
6.4. Traitement thermique.....	13
6.5. Fermentation lactique	13
6.6. Conditionnement et stockage	14
6.6.1. Yaourt ferme (en pot ou étuvé).....	14
6.6.2. Yaourt brassé	15
6.7. Conservation des yaourts.....	15
7. Qualité physico-chimique	16
7.1. Post-acidification.....	16
7.2. Synérèse	16
7.3. Viscosité.....	16
8. Qualité microbiologique	16
9. Qualités organoleptiques	17
9.1. Fermeté.....	17
9.2. Arôme.....	17
9.3. Texture.....	17
9.4. Goût.....	17

Chapitre 02 : Fromage fondu

1. Historique	19
2. Définition	19
3. Les Avantages de fromage fondu	19
4. Classification	20
4.1. Classification selon la matière grasse.....	20
4.2. Classification selon la forme.....	20
5. Composition et valeur nutritive	21
5.1. Composition.....	21
5.2. Valeur nutritionnelle.....	21
6. Technologie de la matière première et de fonte	22
6.1. Matière première laitière.....	22
6.1.1. Fromage naturel.....	22

6.1.2. Pré font.....	22
6.2. Autres matières premières laitières.....	23
6.3. Matière première non laitière.....	23
6.3.1. L'eau.....	23
6.3.2. Sel de fonte	23
a) Les propriétés de sels de fonte.....	23
- <i>Le pouvoir complexant ou chélatant</i>	23
- <i>Le pouvoir tampon</i>	24
- <i>Effet bactériostatique</i>	24
b) Les différents sels de fonte.....	24
6.3.3. Additif alimentaire.....	24
7. Les possédés de fabrication des fromages fondus.....	24
7.1. Sélection de la matière première.....	24
7.2. Écroûtage, découpage et broyage des fromages.....	24
7.3. Préparation de la formule.....	25
7.4. Fonte proprement dite.....	25
7.5. Homogénéisation.....	26
7.6. Conditionnement	27
7.7. Refroidissement du fromage fondu	27
7.8. Stockage de produit	27
8. Défauts de fabrication	28
9. Les paramètres de contrôle de la qualité du fromage fondu	30
9.1. Contrôle physico-chimique	30
9.2. Contrôle bactériologique	30
9.3. Contrôle organoleptique du produit fini.....	30

Partie Expérimentale

Matériel et Méthodes.....	31
1. Matériel	31
1.1. Échantillonnage	31
1.2. Appareillages et matériels.....	32
1.3. Produits chimiques et réactifs	32
1.4. Milieux de culture.....	33
- <i>Milieux gélosés</i>	33
- <i>Milieux liquides</i>	33
2. Méthodes.....	33
2.1. Contrôle physico-chimique.....	33
2.1.1. Mesure du pH	33
2.1.2. Détermination de l'acidité titrable.....	34
2.1.3. Mesure de l'extrait sec	36
2.1.4. Le taux d'humidité (H)	36
2.1.5. Détermination de la matière grasse par la méthode de acido- butyrométrie de Gerber	37
2.1.6. Détermination du taux d'extrait sec dégraissé "ESD"	38
2.1.7. La détermination de la teneur en matière grasse dans matière sèche (MG/MS).....	38
<i>La teneur en eau dans le fromage dégraissé</i>	39
2.1.8. Mesure de taux de cendres totales.....	39
2.1.9. Mesure le degré Brix.....	40

2.2. Contrôle microbiologique.....	41
2.2.1. Préparation de la solution mère et de la dilution décimale	41
2.2.2. Recherche et Dénombrement des flores.....	42
2.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes	42
2.2.4. Recherche et dénombrement de <i>E. coli</i> et <i>Salmonella</i>	44
2.2.5. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)	44
2.2.6. Recherche et dénombrement des Staphylocoques	45
2.2.7. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito- réducteurs.....	46
2.2.8. Recherche et dénombrement des levures et les moisissures	46
3. Calculer des résultats	47
4. Synthèse des analyses réalisées	48
Résultats et Discussion	49
1. Contrôle physico-chimique	49
1.1. Le potentiel hydrogène (pH)	49
1.2. L'acidité titrable.....	50
1.3. L'extrait sec total et l'humidité.....	51
1.4. La matière grasse, l'extrait sec dégraissé, le rapport MG/MS.....	52
1.5. La teneur en eau dans le fromage dégraissée.....	53
1.6. Les cendres totales.....	53
1.7. Le Degré Brix et l'indice de réfraction.....	54
2. Contrôle microbiologique	54
2.1. Coliformes totaux et fécaux.....	55
2.2. <i>E. coli</i> et <i>Salmonella</i>	56
2.3. La Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT).....	58
2.4. Les Staphylocoques.....	58
2.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs.....	60
2.6. Les levures et les moisissures.....	60
Conclusion et Perspectives	62
Références bibliographiques	63
Résumés	
Annexe	

Liste des abréviations :

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

°D : Degré dornic

µm : Micromètre

µl : Microlitres

AFNOR : Association française de normalisation

ASR : Anaérobies sulfito-réductrices

At : Acidité titrable

BCP : Bromocrésol-pourpre

BLBVB : Bouillon lactose bilié au vert brillant

CF : Coliformes Fécaux

Cl : Centilitre

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Coliformes totaux

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : Extrait Sec Total

FAO : Food and Agriculture Organisation.

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

FIL : Fédération Internationale Laitière

g : gramme

g/l : gramme par litre

G/S : gras/sec

H₂SO₄ : Acide sulfurique

h : heures

H : humidité

ISO : International organisation for standardisation

j : Jours

JORA : Journal Officiel République Algérienne

JORF : Journal officiel de la République française

Kcal : Kilocalorie

Kg : kilogramme

Max : Maximale

MG : Matière Grasse

MG/ES : Matière Grasse / Extrait sec

MG/MS : Matière grasse / Matière sèche

Min : Minimales

Mg : Milligramme

MGLA : matière grasse laitière anhydre

ml : Mililitre

NPP : Nombre le plus probable

MO : Matière organique

MS : Matière sèche

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

OMS : Organisation mondiale de la santé

PCA: Plate Count Agar

pH: potentiel hydrogène

s : Seconde

T° : Température

TC : taux de cendres

TSE : Tryptone Sel Eau

TEFD : Pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé

UHT : upérisation à haute température

UFC : Unité formant colonie

VF : Viande-Foi

VRBL : gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

Liste des figures :

N° :	Titres :	Pages :
01	Aspect des cellules de <i>Lb. bulgaricus</i> sous le microscope électronique	07
02	Aspect des cellules de <i>St. thermophilus</i> sous le microscope électronique	09
03	Diagramme général de fabrication de yaourt ferme et brassé	11
04	Principe du traitement de stérilisation UHT directe upérisation	26
05	Principales voies de fabrication du fromage fondu	28
06	Marques des produits analysés de yaourt et fromage	31
07	Mesure du pH des échantillons analysés à l'aide d'un pH-mètre	34
08	Détermination de l'acidité de yaourt/fromage par titrage à l'aide d'hydroxyde de sodium	35
09	Détermination de l'extrait sec total de produit à analyser	36
10	Détermination de la matière grasse de fromage fondu à l'aide d'un butyromètre de Gerber	37
11	Détermination le taux des cendres de yaourt	40
12	Réfractomètre utilisé en mesure d'indice de réfraction et d'indice Brix	40
13	Préparation de la solution mère et de la dilution décimale	41
14	Schéma représentatif des différentes analyses réalisées sur le yaourt et le fromage	48
15	La recherche de coliformes totaux et fécaux dans le milieu BLBVB	56
16	Présence d' <i>E. coli</i> sur la gélose de BCP	57
17	Présence d' <i>E. coli</i> sur la gélose de Hektöen	57
18	La flore mésophile totale sur la gélose nutritive	58
19	Les colonies de <i>Staphylococcus aureus</i> sur la gélose de Chapman	59
20	Absence des spores des <i>Clustrodim</i> sulfito-réducteurs dans Viande-Foie	60
21	Recherche des levures et moisissures sur la gélose Sabouraud au chloramphénicol	61

Liste des tableaux :

N° :	Titre :	Page :
01	Composition chimique et valeur énergétique des yaourt pour 100 g du produit	06
02	Différents types du yaourt et leurs caractéristiques	06
03	Classification des fromages fondus	20
04	Composition moyenne du fromage fondu pour 100 g de produit frais	21
05	Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager	29
06	Déclaration de la teneur en matière grasse laitière	38
07	Dénomination de fromage selon les caractéristiques de fermeté et d'affinage	39
08	Les différents germes recherchés et le mode de recherche	42
09	Les analyses physico-chimiques du yaourt et fromage fondu	49
10	Analyses microbiologiques effectuées sur le yaourt et fromage fondu	55

Introduction

Introduction :

Les consommateurs sont davantage responsables de ce qu'ils consomment et optent de plus en plus pour des produits sains et des régimes alimentaires équilibrés. Ils s'orientent vers des options favorisant les ingrédients fonctionnels qui contribuent à la santé intestinale, immunitaire et mentale (**ERDF, 2021**).

Par conséquent, les allégations de santé ont connu une croissance significative ces dernières années sur le marché mondial, et le secteur laitier ne fait pas exception (**Paci Kora, 2004**). La consommation des produits laitiers "sans" ou "sans ajout", tels que les produits sans additifs/conservateurs ou sans lactose, à une teneur faible/non/réduite en matières grasses et en sucre, et des produits à forte teneur en protéines, continue d'augmenter (**ERDF, 2021**).

À côté de l'exigence à formuler constamment de nouvelles recettes satisfaisants, l'industrie laitière est toujours sous pression pour améliorer la sécurité des produits "produits propres liés à une alimentation saine" depuis la ferme jusqu'au point de vente (**Lakhal, 2005 ; Mokri, 2014**). Ils sont soumis à une chaîne de vérifications dont l'objectif est de garantir la sécurité du consommateur. Elle regroupe un ensemble de règles de travail et de contrôles institué tant par les pouvoirs publics que par la profession laitière (**AFSSA, 2000**).

Le lait est un aliment riche en protéines de haute valeur biologique, de sucres, des macros et des oligo-éléments surtout le calcium et des vitamines, etc (**Porcher, 1929**). Cependant, sa consommation est souvent limitée en raison de sa grande instabilité (**Mahaut et al., 2003 ; Bachtarzi et al., 2015**). Il constitue également une matière première, dont la quasi-totalité du lait produit et collecté est destinée à l'industrie laitière pour être transformée en divers produits laitiers, tels que la crème, le beurre, le fromage, le lait en poudre, les produits du lactosérum et la caséine,... etc (**OCDE/FAO, 2019**).

Cependant, pour qu'un produit laitier quel qu'il soit puisse remplir ses multiples fonctions, il faut, outre une qualité physico-chimique, une excellente qualité microbiologique. Sans ces conditions, son utilisation peut constituer une menace sérieuse pour la santé humaine (**Kiemptore, 2013**). La qualité de la production laitière repose essentiellement sur le contrôle des microorganismes en constante évolution tout au long des étapes de fabrication. Prendre connaissance des conditions de croissance de ces microorganismes et des risques qu'ils impliquent pour le consommateur, est capital pour mettre en place des mesures de prévention efficace (**Achezegag et al., 2008**).

Dans notre pays, la fabrication fromagère et yaourtière est maintenant une industrie florissante, en matière de goût, de qualité, de texture et de composition en vastes gammes (**Laribi *et al.*, 2009**). Ceci nous a amené à nous intéresser à la qualité de quelque variété des produits laitiers les plus disponibles sur le marché local d'autant plus qu'il s'agit des produits de large consommation et sur lesquels, on ne possède de que très peu de connaissance.

À cet optique, l'étude qui suit va mettre le point sur les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de ces produits finis et ceci en se basant sur deux parties principales, l'une bibliographique qui porte sur des généralités sur les produits laitiers, le yaourt et le fromage fondu. L'autre partie est la pratique et qui englobe le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de ces variétés de dérivés laitiers.

Synthèse
Bibliographique

Produits laitiers :

La consommation de produits laitiers a connu une croissance considérable au niveau mondial depuis le début des années 1950. Les produits laitiers ou laitages sont le simple lait ou des aliments transformés ou obtenus simplement à partir de laits. Parmi les laits utilisés, le principal est de loin le lait de vache mais aussi le lait de chèvre, de brebis, de chamelle, de yak, de bufflonne.... (**Lannabi & Sal, 2015**). Les produits laitiers sont essentiellement utilisés dans l'alimentation humaine, soit directement, soit comme ingrédients dans la pâtisserie, la biscuiterie, la charcuterie, en fromagerie, mais aussi dans l'alimentation animale (lait en poudre pour les veaux, lactosérum pour les porcs) (**Cayot & Lorient, 1998**).

Selon la réglementation française, la dénomination « lait fermenté » est réservée au produit laitier composé exclusivement de matières premières d'origine laitière : des laits écrémés ou non, ou des laits concentrés ou en poudre écrémé ou non, enrichis ou non en constituants du lait, ayant subi une pasteurisation (90 à 94°C / 5 minutes),ensemencés avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit, et caractérisé par une teneur en acide lactique minimale (0,6 %). La coagulation ne doit pas être obtenue par d'autres moyens que ceux qui résultent de l'activité des micro-organismes utilisés (**Luquet, 1985**). Il peut être additionné de certains ingrédients lui conférant une saveur spécifique (sucre, arômes, préparations de fruits), à condition que cette addition n'excède pas 30 % du poids du produit fini (**Sodini & Béal, 2008**).

Les produits laitiers fermentés sont très populaires et appréciés du consommateur en raison de leurs compositions simples. Sont réservées uniquement aux produits laitiers les dénominations suivantes : lactosérum, crème, beurre, babeurre, butteroil, caséines, matière grasse laitière anhydre (MGLA), fromage, yaourt (ou yoghourt), etc. Les yaourts à la cuillère sont en tête de liste des nouvelles innovations, suivis par les fromages à pâte dure et semi-dure, les glaces et yaourts glacés à base de produits laitiers, et les fromages à pâte molle et semi-molle (**ERDF, 2021**).

Yaourt :

1. Historique :

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » (**Tamime & Deeth, 1980**). Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En 1902, Ris & Khoury, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté Egyptien. Metchnikoff (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le Bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de Production sure et régulière (**Rousseau, 2005**). De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, lyophilisés ou séchés) et produits «plaisirs» (à boire, pétillants ou glacés). Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des Productions de laits fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés Puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la Commercialisation des laits fermentés. En outre, le développement commercial des produits probiotiques est important et correspond à une demande du consommateur (**Brule, 2003**).

2. Définition :

Selon la définition établie par la FAO (Food Agricultural Organisation) et l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) en 1977, le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique due à deux ferments spécifiquesensemencés simultanément *Streptococcus thermophiles* et *Lactobacillus bulgaricus*, à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc.) , à l'exclusion de toutes autres bactéries. Ces bactéries doivent se retrouver vivantes à la concentration de 10⁷/g de produit. Elles sont aussi thermophiles et dégradent le lactose en acide lactique à partir de 45°C dont la teneur doit être au moins 0,7% lors de sa vente (**Fredot, 2005 ; Vierling, 2008**).

Les critères pris en compte par le *Codex Alimentarius*, norme n° A- 11 (a) (1975) et la FIL (Fédération Internationale Laitière) dans la réglementation du yaourt sont les suivants :

- **Types de produit** : Ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghurt écrémé, Le yoghurt sucré et le yoghurt nature).
- **Le type de ferment utilisé** : selon la FIL, et de nombreux pays, la dénomination «yaourt» Nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Luquet & Carrieu, 2005).
- **La quantité de ferment contenue dans le produit fini** : La FIL fixe la quantité de ferments vivants, égale à 107 bactéries par gramme rapportés à la partie lactée jusqu'à la date limite de consommation.
- **La viabilité de la flore lactique** : Flore viable pendant toute la durée de vie.
- **Ingrédients laitiers** : Lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines, etc.
- **Ingrédients non laitiers** : Une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différentes formes (purée, jus, pulpe, sirop etc.), de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée par le Codex alimentaires, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produit fini.
- **pH** : La FIL préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6 à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6.
- **Taux de matière grasse** : Il doit être au minimum, inférieur à 3% (m/m) dans le cas des yaourts (Nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés.
- **Teneur en protéines** : Elle est égale à 2,8% dans le produit fini.

3. Composition :

Le yaourt est caractérisé par la baisse de la teneur en lactose de 20 à 30 %. En partant d'un lait enrichi de poudre de lait écrémé au taux de 2 %, la teneur du yaourt en lactose résiduel est de l'ordre de 4,5 g pour 100 g. La dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 0,8 à 1 %. Les quantités finales de galactose sont aux alentours de 1 à 1,5 %. Les concentrations en glucose et oligosaccharides sont très faibles (Syndifrais, 1997). Le tableau 1 représente les teneurs en composés chimiques et les valeurs énergétiques de quelques types du yaourt.

Tableau 1 : Composition chimique et valeur énergétique des yaourts pour 100 g du produit
(Cidil & Inra, 2009).

	Energie (kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)	Potassium (mg)	phosphore	Sodium (mg)
Yaourt nature	48	4,15	1.2	5,2	174	201	114	57
Yaourt au lait entier	68	3,8	3,5	5,3	171	206	112	56
Yaourt nature 0	39	4,2	trace	5,4	164	180	100	55
Yaourt nature sucré	83	3,8	1.1	14,5	160	195	105	52
Yaourt brassé nature	88	3,75	1,65	14,5	140	190	110	50
Yaourt brassé aux fruits	103	3,1	2,7	16,5	140	180	100	45
Yaourt au lait entier aux fruits	84	3,6	Trace	17,2	140	180	100	45

4. Classification :

Il existe plusieurs variétés de yaourts qui diffèrent par leur composition, leur technologie de fabrication et leur saveur. Le tableau 2 résume les différentes catégories de yaourts.

Tableau 2 : Différents types du yaourt et leurs caractéristiques (Vignola, 2002).

Les différents types :	Caractéristique :
Selon la teneur en matières grasses : - Yaourt maigre - Yaourt nature - Yaourt entier	- Teneur en matière grasse inférieure à 1%. - Teneur en matières grasses 1% minimum - Teneur en matière grasse 3.5% (en pratique de 3 à 4.5%).
Selon la technologie de fabrication : - Yaourt ferme - Yaourt brassé - Yaourt à boire	- Ce sont les yaourts en pots, généralement des yaourts nature ou aromatisés. La fermentation se fait après la mise en pot à une T° de 42°C et 44°C. - L'incubation du type brassé se fait en cuve et le refroidissement est réalisé avant le conditionnement - Le coagulum est réduit à l'état liquide avant le conditionnement
Selon les additifs alimentaires - Yaourt aromatisé - Yaourt fruité - Yaourt light	- Addition d'arôme. - Addition de fruits. - Addition d'édulcorants sans sucre

5. Les bactéries spécifiques du yaourt :

Les deux bactéries associées dans la préparation du yaourt ont pour rôle principal d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH = 4,6) de façon à former un gel (ou coagulum). Outre, le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles lui assurent une saveur caractéristique due à la production de composés aromatiques (acétaldéhyde principalement, cétone, acétoine, d'acétyle). Enfin, par la production de polysaccharides (glucines), certaines souches ont une action dans la consistance du gel (FAO, 1995).

5.1. L'espèce *Lactobacillus bulgaricus* :

Lactobacillus delbrueckii ssp. *bulgaricus* est un bacille gram positif, immobile, asporulé, micro aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes, il possède un métabolisme strictement homofermentaire et produit l'acide D-lactique à partir des hexoses par l'intermédiaire de la voie d'Embden Meyerhoff Parnas (EMP) et il est incapable de fermenter les pentoses (Axelsson, 1998). Il se développe bien à la température de 45 à 50°C en acidifiant fortement le lait jusqu'à 1,8 % (pH voisin de 4,5), voire 2,7 % d'acide lactique (pH 3,8 à 3,6) (FAO, 1995).

Lb. bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ 42°C, elle est responsable de la production d'acétaldéhyde (Marty-Teyesset *et al.*, 2000). La figure 1 illustre l'aspect microscopique des cellules de *Lb. bulgaricus*.



Figure 1. Aspect des cellules de *Lb. bulgaricus* sous le microscope électronique
(www.raw-milk-facts.com)

5.2. L'espèce *Streptococcus thermophilus* :

Streptococcus salivarius ssp. *thermophilus* est une cocci Gram positif, disposé en chaînes en longueurs variables ou par paires, anaérobie facultatif, immobile, on le trouve dans les laits fermentés et les fromages (Roussel *et al.*, 1994).

C'est une bactérie dépourvue de l'antigène D, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques, elle est incapable de métaboliser le galactose et se développe bien de 37 à 40 °C, mais croît encore à 50 °C. Thermorésistante, elle survit au chauffage à 65 °C pendant 30 minutes ou à 74 °C pendant 15 secondes, son métabolisme est de type homofermentaire (Vaillancourt *et al.*, 2008).

St. thermophilus se différencie des autres espèces de même genre par son habitat (lait et produits laitiers), par son caractère non pathogène et ses propriétés probiotiques et technologiques (Iyer *et al.*, 2010).

En industrie agro-alimentaire, *St. thermophilus* est en deuxième position derrière *Lactococcus lactis* dans le classement des bactéries lactiques utilisées. Elle est la seule espèce du genre streptocoque utilisée dans la fabrication des produits laitiers fermentés, elle est utilisée dans la fabrication de nombreux fromages, à pâtes pressées cuites (Emmental, Gruyère, Parmesan et Granatypes,...) mais aussi pour la Mozzarella, le Cheddar, et certains laits fermentés (Parente & Cogan, 2004 ; De Vuyst & Tsakalidou, 2008).

Le rôle principal de cette bactérie dans la fabrication du yaourt est la fermentation du lactose du lait en acide lactique, mais elle est nettement moins acidifiant que le lactobacille, il produit généralement de 0,5 à 0,6% d'acide lactique (pH voisin de 5,2) uniquement de configuration L qui est l'isomère préféré dans les produits alimentaires, dû à la présence de La lactate déshydrogenase chez l'être humain (Narayanan *et al.*, 2004 ; Panesar *et al.*, 2007).

Certaines souches sont capables de supporter un pH de 4,3 à 3,8. En plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture des laits fermentés, elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (FAO, 1995).



Figure 2. Aspect des cellules de *St. thermophilus* sous le microscope électronique
(www.musee-afrappier.qc.ca)

5.3. La proto-coopération entre *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* :

La fabrication du yaourt repose sur les interactions prenant place entre deux espèces de bactéries lactiques, *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*. Souvent l'association entre ces deux espèces est appelée proto-coopération car elle est bénéfique mais pas indispensable à la croissance de chaque espèce dans Le lait (**Thevenard, 2011**).

Cette proto-coopération recherchée, entraîne une stimulation mutuelle qui se traduit par (**Mihail et al., 2009**) :

- Un accroissement de la vitesse d'acidification ;
- Un accroissement des niveaux de populations bactériennes finales ;
- Une diminution du pH final du produit ;
- Une stimulation de la production de composés aromatiques notamment de l'acétaldéhyde ;
- Une meilleure stabilité du produit fini ;

Une production plus importante de certains composés comme des polysaccharides extracellulaires (EPS). Pour se développer, les bactéries ont besoin d'acides aminés et de peptides directement utilisables. Or, le lait n'en contient que de faibles quantités permettant seulement de démarrer leur croissance (**Thevenard, 2011**).

St. thermophilus se développe plus rapidement au pH (6,6-6,8) du lait et rend le lait anoxique et légèrement acide, *Lb. bulgaricus* acidifie alors le lait d'avantage jusqu'à un pH

d'environ 4,3 à 4,2 par l'attaque de la caséine qui libère les peptides permettant au streptocoque de poursuivre sa croissance.

De son côté, le streptocoque stimule le lactobacille par production d'acide formique, le dioxyde de carbone et l'acide pyruvique (**Jeantet *et al.*, 2008**).

Le streptocoque produit de l'acide lactique principalement sous la forme L(+), alors que le lactobacille donne surtout la forme D(-). A la fin de la fermentation, le tiers environ du lactose est transformé en acide lactique. Dans la fabrication du yaourt, l'utilisation du lactose se fait selon la voie suivante : une lactase hydrolyse le lactose en galactose et en glucose. Ce dernier est ensuite transformé en acide pyruvique puis en acide lactique pendant que le galactose s'accumule progressivement dans le lait sans être utilisé. Ainsi, dans un lait à 6,5 % (en poids) de lactose, 100 g du yaourt obtenu contiennent environ, après 2 jours de conservation, 4 g de lactose, 0,05 g de glucose, 0,05 g d'oligosaccharide et 1,5 g de galactose (**FAO, 1995**).

6. Technologie de fabrication du yaourt :

Le schéma de la figure 03 résume les étapes de la fabrication du yaourt. Celle-ci peut subir des variantes de sorte que les étapes indiquées peuvent faire l'objet de modifications dans leur ordre comme dans leur nombre. Cette figure montre qu'il existe deux types de yaourts (**Lee & Lucey, 2010**).

- Le yaourt ferme ou étuvé, dont la fermentation se fait après Conditionnement en pots ;
- Le yaourt brassé, dont la fermentation se fait en cuve ; le coagulum obtenu est alors dilacéré et brassé pour être rendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots.

La technologie donnée ci-après concerne le yaourt au lait de vache ; elle peut s'appliquer sans difficultés aux yaourts aux laits d'autres espèces utilisés seul ou en mélanges.

6.1. Préparation du lait :

La matière première peut être soit du lait frais, soit du lait recombinaé (à partir de lait en poudre maigre et de matière grasse laitière anhydre), soit du lait reconstitué (à partir de lait en poudre maigre), ou encore un mélange. Dans tous les cas, elle doit être de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou d'autres inhibiteurs et parfaitement homogénéisée (**FAO, 1995**).

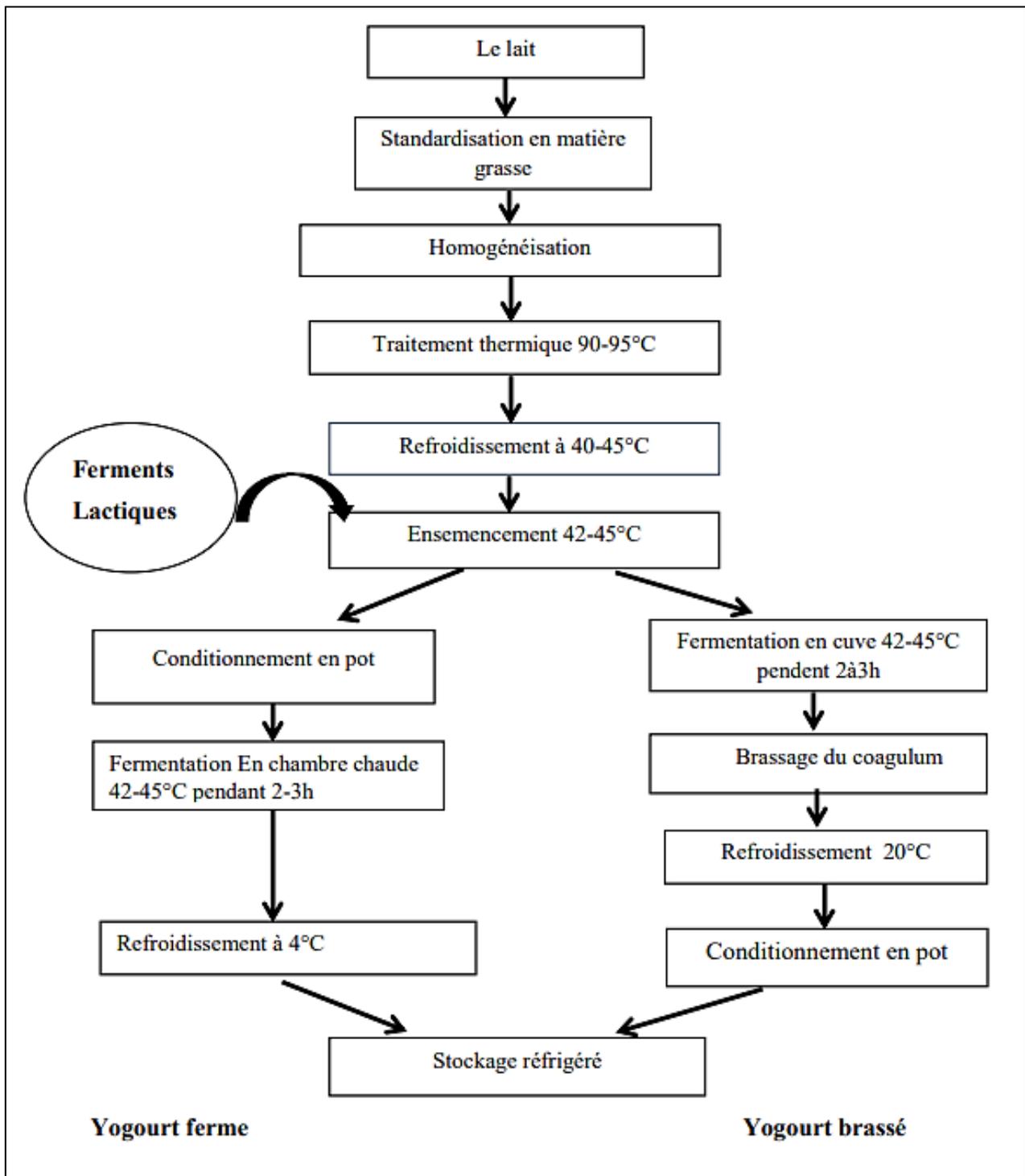


Figure 3. Diagramme général de fabrication de yaourt ferme et brassé (Béal & Sodini, 2008).

6.2. Standardisation du mélange :

La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait. En effet, tous les nutriments jouent un rôle sur la qualité finale du yaourt (FAO, 1995 ; Lucey, 2004). Les protéines, de par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau, agissent sur la texture, particulièrement sur la viscosité, la consistance,

l'élasticité et la fermeté. La graisse confère de l'onctuosité et la sensation de douceur à la bouche, masque l'acidité et améliore la saveur (**Lamontagne, 2002**).

Le lactose est le composé utilisé pour l'acidification et a un faible pouvoir sucrant, soit quatre fois plus faible que celui du sucre de table. Les minéraux, comme des bouillons, travaillent à la stabilisation du gel et les vitamines sont requises pour la croissance bactérienne (**Altan et al, 2008**).

La standardisation du mélange laitier permet non seulement de pallier aux variations de composition du lait mais aussi, à obtenir la composition désirée. Cette standardisation peut s'obtenir par l'ajout de concentrés et d'isolats de protéines sériques, de poudre de lait écrémé ou entier, de lactose et de la crème en fonction de la teneur désirée en protéines, solides totaux et matières grasses (**Tamime & Robinson, 1999**).

Selon le Code des principes FAO/ OMS, la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse est de 8,2 % (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse (norme n°A-1 1 (a), 1975) (**FAO, 1995**).

6.3. Homogénéisation :

Ce traitement est pratiqué dans le cas des laits gras (10 à 25.10° Pa à 60- 90°C), soit en phase montante de la pasteurisation, soit en phase descendante mais avec des risques de re-contamination dans ce cas (**Jeantet, 2008**).

L'homogénéisation du lait à plusieurs objectifs : elle améliore la fermeté des gels obtenues après fermentation, augmente leur capacité de rétention d'eau et réduit la synérèse, par ailleurs elle prévient le crémage au cours des opérations "statiques" de la fabrication du yaourt, en particulier lors de la période d'incubation en pots ou dans les cuves de fermentation, cela est due au fractionnement de la taille des globules gras de 4-5 μm à 1 μm par cisaillement (**Schorsch, 2001 ; Amiot, 2002**). En plus de conférer une couleur plus blanchâtre au mélange laitier, cette diminution de diamètre facilite l'insertion des globules gras dans les pores du réseau caséique du yaourt. Cette étape permet également de mélanger de façon homogène les divers ingrédients laitiers ajoutés lors de l'étape de la standardisation. Une autre des conséquences de l'homogénéisation est la formation de nouvelles gouttelettes de globules de gras entourées par des caséines et des protéines sériques. La résultante est une augmentation du caractère hydrophile des globules de gras (**Schorsch, 2001**).

6.4. Traitement thermique :

Le lait enrichi, éventuellement sucré, subi un traitement thermique. Le barème de traitement thermique le plus couramment utilisé est de 90-95°C pendant 3 à 5 minutes (Mahaut, 2000). Cependant, une température élevée pendant un brève temps (100°C à 130°C pour 4 à 16 S) ou bien une ultra haute température (UHT) (140°C pour 4 à 16 s) sont parfois utilisés (Sodini *et al.*, 2004). Ce traitement a de multiple effet sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Tout d'abord, il assure l'innocuité du produit suite à et indésirables (Walstra, 2006). Il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, et inactive des inhibiteurs de croissance telle que les lactoperoxydases et des enzymes telles que la lipase responsable de l'oxydation des lipides (Walstra, 2006). De même, il réduit les sulfures toxiques et entraîne la production d'acide formique qui est un facteur de croissance pour *Lb. bulgaricus* (Loones, 1994).

Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles. Il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85%), la résultante est l'association de la caséine x et de la B-lactoglobuline via un pont disulfure. Des liaisons entre les caséines et l'a-lactalbumine sont également engendrés (Mahaut, 2000 ; Sava *et al.*, 2005).

Au niveau rhéologique, ces modifications se traduisent par une amélioration après fermentation de la fermeté des gels (Jeantet *et al.* 2007). De plus le traitement thermique entraîne une production plus importante de l'acétaldéhyde, le composé responsable de l'arôme 'yaourt' (Ozer & Atasoy, 2002). Lorsque les laits ont été stockés au froid ou/et contiennent des substances à odeurs désagréables, il est recommandé de compléter le traitement thermique par leur désaération (FAO, 1995).

6.5. Fermentation lactique :

Le lait enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40 - 45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (Lee & Lucey, 2010).

L'incubation se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement une ou plusieurs souches de chacune des bactéries spécifiques du yaourt : *St. salivarius ssp. thermophilus*, et *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus* qui sont inoculés entre 2 et 5% dans le mélange laitier afin d'atteindre une population initiale de l'ordre de 10⁷ UFC/ ml avec un ratio de 1 : 1 (Clark &

Plotka, 2004). Ces deux espèces bactériennes vivent en symbiose et en synergie, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse du pH et la gélification du milieu avec des modifications structurelles irréversibles. En outre, ces bactéries produisent des composés carbonyles volatiles (l'acétaldehyde, le diacétyl, l'acétoïne, l'acétate d'éthyle) et des exopolysaccharides qui participent, respectivement, à l'élaboration de l'arôme et de la texture des yaourts (**Ott et al., 2000**).

Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait-ferment (**FAO, 1995**). La vitesse d'acidification et le pH final influencent la formation du gel acide. Une vitesse d'acidification lente engendre la formation d'un gel lisse et homogène et donc plus faible (**Haque et al., 2001**). Le respect du pH final est primordial puisque les propriétés sensorielles (acidité, saveur, texture) du produit fini en dépendent, c'est pourquoi, lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3, un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation. En effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C (**Sondi et al., 2004**).

Le temps de fermentation se situe entre 3 et 7 h jusqu'à l'obtention d'une acidité finale de 0,9 à 1,2% en équivalent d'acide lactique (**Clark & Plotka, 2004**).

6.6. Conditionnement et stockage :

6.6.1. Yaourt ferme (en pot ou étuvé) :

Le laitensemencé est rapidement réparti en pots (en verre, en carton paraffiné, en matière plastique) d'une contenance habituelle de 12,5 cl. Dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture, etc., l'apport des additifs se fait avant ou après le remplissage des pots (**FAO, 1995**).

Après le capsulage (aluminium, carton paraffiné), les pots sont placés dans une étuve (à air chaud) ou parfois au bain-marie pour permettre la fermentation. L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation. L'incubation dure environ de 2 à 3 heures. Les pots sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'une acidité de 0,75 (au minimum) à 1 % environ d'acide lactique, soit 75 à 100° Dornic. A ce moment, le caillé doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum (**FAO, 1995**).

Les pots sont alors immédiatement sortis de l'étuve, refroidis le plus rapidement possible à la température de +4 à +5 °C. Ce refroidissement a pour but d'arrêter l'acidification par

inhibition des bactéries lactiques. Les pots sont ensuite stockés à +2/+4 °C pendant 12 à 24 heures de façon à augmenter la consistance sous l'action du froid et de l'hydratation des protéines (FAO, 1995).

6.6.2. Yaourt brassé :

Le laitensemencé est maintenu en cuve ou en tank à la même température que dans le cas des pots (entre 42 et 46 °C) jusqu'à obtention de l'acidité voulue. Celle-ci est souvent un peu plus élevée que pour le yaourt ferme : de 1 à 1,2 % d'acide lactique, soit 100 à 120 °Domic. On procède alors au découpage et au brassage du caillé par l'un des procédés ci-après : agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice ; passage du gel à travers un tamis ; homogénéisation à basse pression (FAO, 1995).

Le brassage terminé, le caillé est immédiatement et rapidement refroidi à une température inférieure à 10 °C. Le brassage du caillé au cours de la réfrigération améliore l'onctuosité du produit. Le yaourt est ensuite conditionné en pots et conservé à +2/+4 °C. L'addition éventuelle d'arômes, de pulpes de fruits, etc., se fait au moment du remplissage des pots. L'addition du sucre peut se faire avant incubation, à condition de ne pas dépasser 6% afin de ne pas ralentir la fermentation. Pour conserver au yaourt brassé sa consistance semi-liquide, le mélange d'additifs (fruits + sucre) ne doit pas dépasser 15% (FAO, 1995).

6.7. Conservation des yaourts :

Basé sur le niveau d'hygiène, la qualité microbienne des ingrédients et des matériaux d'emballage, la durée de conservation du yaourt est autour de trois semaines aux conditions de réfrigération. Le yaourt est toujours en danger de dégradation protéolytique par la protéolyse du lait qui peut se produire pendant l'entreposage au froid due à la croissance des bactéries psychrotrophes (FAO, 1995).

Plusieurs techniques sont utilisées pour garder et améliorer la qualité du yaourt à savoir la congélation, l'utilisation du gaz, l'addition des préservateurs et la stérilisation par la chaleur mais la réfrigération reste toujours la méthode la plus connue pour contrôler l'activité métabolique Des ferments et leurs enzymes dans le yaourt au cours du stockage (Adam & Mass, 1999).

7. Qualité physico-chimique :

7.1. Post-acidification :

La post-acidification a un effet négatif sur la qualité du yaourt et diminue la durée de conservation. Elle est étroitement associée à l'activité métabolique persistante des lactobacilles pendant le stockage à 4° C (**Béal et al., 1999**).

Le pH influe la flaveur et la texture finale du produit et reflète donc la qualité du produit final. Si la valeur de post-acidification est très basse. Nous aurons un yaourt très acide avec des problèmes de séparation d'eau (synérèse), et si elle est haute, la flaveur sera affectée en raison d'un manque d'acidité (**Tamime & Robinson, 1999**).

Lb. delbrueckii ssp. *bulgaricus* et *St. thermophilus* sont responsable de la post-acidification du yaourt pendant le stockage au froid (**Donkor et al., 2006**).

7.2. Synérèse :

La synérèse ou la séparation spontanée du petit lait sur la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé par l'augmentation du niveau des solides du lait à 15% (**Shah, 2003**).

7.3. Viscosité :

La viscosité du yaourt diminue progressivement pendant le stockage. Cette diminution est due à l'augmentation du temps de stockage (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Elles se changent en fonction de ferment utilisé grâce à leurs protéases ce qui implique le rôle des micro-organismes en affectant la viscosité de yaourt (**Olivera et al., 1996**).

8. Qualité microbiologique :

La qualité microbiologique du lait et les produits laitiers est influencée par la flore initiale du lait cru, les conditions de la transformation, et la contamination après le traitement thermique. Les microorganismes les plus souvent évoqués sont les psychrotrophes Gram négatives, les coliformes, les levures et les moisissures. En outre, diverses bactéries telles que *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, les souches pathogènes d'*E. Coli* et les souches entéro-toxinogènes de *Staphylococcus aureus* peuvent également être trouvées en lait et produits laitiers. Actuellement, la maîtrise de ces bactéries pathogènes nécessite la mise en place d'un système de contrôle et de surveillance rigoureux (**Roginski et al., 2003**).

La viabilité des bactéries lactiques constitue le plus important obstacle rencontré au cours de la fabrication, et particulièrement pendant le stockage à cause de leur courte durée de vie dans les produits laitiers fermentés (**Analie & Viljoen, 2001**). Les principaux facteurs responsables de la perte de viabilité des bactéries lactiques ont été attribués à la diminution du pH du milieu et de l'accumulation des acides organiques en raison de la croissance et de la fermentation (**Sun & Griffiths, 2000**).

9. Qualités organoleptiques :

9.1. Fermeté :

Le maintien d'une texture et d'une dureté uniformes au cours de la fabrication et pendant toute la période de conservation est le principal objectif dans la production du yaourt. La fermeté du yaourt n'est probablement pas affectée au cours de la conservation (**Shakeel Hanif et al., 2012**).

9.2. Arôme :

Les composants aromatiques qui contribuent à l'arôme finale du yaourt peuvent être divisés en quatre catégories à savoir les acides non volatiles (lactique et pyruvique), les acides volatiles (butyrique et acétique), les composés carbonyliques (l'acétaldehyde et le diacétyle) et divers autres composés (acides aminés et les produits formés par la dégradation thermique) (**Serra et al., 2009**).

Le yaourt doit être consommé à environ 10°C, au-dessous de cette température, le profil de la saveur n'est plus apprécié à cause du froid, il est rapporté que tous les composants volatils présent dans le yaourt diminuent au cours du stockage à moins 8°C, au-dessus de 10°C le produit perd sa fraîcheur (**Gafaar, 1992**).

9.3. Texture :

Les différences de texture entre les yaourts sont attribuées au type de lait utilisé et leurs différences compositionnelles (**Shakeel Hanif et al., 2012**). En effet, un taux élevé de matière sèche totale augmente la fermeté de gel et réduit le degré de la synérèse (**Mohammed et al., 2004**).

9.4. Goût :

La perte du goût du yaourt est le résultat du développement de l'acidité, l'oxydation de graisse ou la protéolyse des protéines (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Les activités protéolytiques

des bactéries lactiques peuvent avoir quelques effets nuisibles sur le lait fermenté. La production des peptides amers est en grande partie attribuée à la protéolyse par *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* pendant le stockage (**Gürsoy et al., 2010**).

Si le maintien de yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement son activité métabolique. Le yaourt montre des modifications durant toute la durée de conservation, ce qui altère sa qualité (**Dave & Shah, 1998**).

Fromage fondu :

1. Historique :

L'innovation du fromage fondu est née d'un désir de prolonger la durée de conservation du fromage naturel, de recycler le fromage défectueux et/ou de développer un fromage avec une texture, une saveur et des propriétés fonctionnelles distinctes. La production de fromage fondu a commencé en Europe au début du siècle dernier. La première tentative de fabrication de fromage fondu a été faite en Suisse en 1911 par Walter Gerber et Fritz Setters à partir de fromage suisse (**Kapoor & Metzger, 2008**). À cette époque, le procédé décrivait simplement la fonte du fromage suisse en utilisant un ingrédient supplémentaire qui était le citrate de sodium comme sel émulsifiant. James Lewis Kraft, un entrepreneur et inventeur canado-américain, a été le premier à breveter le fromage fondu en 1916 (**Kapoor & Metzger, 2008**). Le processus a été décrit comme une combinaison de chauffage et d'agitation de morceaux de fromage Cheddar pour former une émulsion chaude homogène qui a ensuite été emballée dans des bocaux ou des canettes en verre.

2. Définition :

Le fromage fondu est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. Des ingrédients aromatiques peuvent être également combinés ou d'autres matières premières de produits laitiers (beurre, lait en poudre) peuvent être ajoutées et ainsi le produit obtenu est homogène, stable et parfaitement conservé dans le temps (**Chambre et al., 1997**).

3. Les Avantages de fromage fondu :

Selon **Carić & Kaláb (1999)**, le fromage fondu présente de nombreux avantages par rapport aux fromages naturels en raison de :

- Réduction des coûts de réfrigération pendant le stockage et le transport,
- Amélioration de la qualité de conservation avec moins de changements dans les caractéristiques du fromage pendant le stockage,
- La possibilité de produire des fromages avec différentes intensités de saveur et propriétés fonctionnelles pour diverses applications,
- La possibilité d'adapter les emballages aux différents usages, besoins économiques,

- L'adéquation à un usage domestique ainsi qu'aux snacks, par ex. dans les cheeseburgers, les sandwichs chauds, les pizzas et les trempettes pour les fast-foods.

4. Classification :

Les fromages fondus peuvent être classés selon leur teneur en matière grasse ou selon leur forme.

4.1. Classification selon la matière grasse :

Selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories (Tab. 3) :

Tableau 3 : Classification des fromages fondus (DFI, 2009).

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

4.2. Classification selon la forme :

Selon **Richonnet (2016)**, Les produits de fromage fondu sur le marché mondial sont classés en cinq familles :

- **Fromage fondu (Bloc)** : le traitement thermique est modéré de manière à conserver au produit fini un aspect de fromage à pâte pressée (élasticité marquée et tranchabilité).
- **Fromage fondu (Coupe)** : moins ferme que le bloc mais non tarti nable, il contient 3 ou 4 points de moins de matière sèche.
- **Fromage fondu (Tarti nable)** : Les fromages peuvent être aromatisés au contenu (épices, graines, herbes...) ou nature, en portions (principalement en papillote) ou en moules, grâce à un procédé d'émulsification modifié (ce qui signifie épaissement du fromage fondu) dans des barquettes de formes variées. Cette étape ne doit pas être confondue avec le

crémage, qui est la remontée de la crème à la surface du lait .Ces fromages sont également disponibles sous forme de produits d'en-cas, associés à des gâteaux ou des biscuits.

- **Fromage fondu (*Toast able*)** : Pour la refonte, ces fromages se présentent en tranches adaptées à la mise en œuvre culinaire (dans les hamburgers, etc.).
- **Fromage fondu (*Thermostable*)** : Ce type de fromage est crémé très soigneusement afin qu'il ne fonde pas lorsqu'il est chauffé .On le retrouve surtout sous forme de cubes dans les plats asiatiques.

5. Composition et valeur nutritive :

5.1. Composition :

La composition de fromage fondu présenté selon le tableau suivant :

Tableau 4 : Composition moyenne du fromage fondu pour 100 g de produit frais
(Fredot, 2006)

Eau (%)	50
Energies (Kcal)	330
Glucides (g)	5,2
Lipides (g)	30
Protéines (g)	17
Calcium (mg)	150
Phosphore (mg)	645
Magnesium (mg)	18
Potassium (mg)	100
Sodium (mg)	1100
Zinc (mg)	7

5.2. Valeur nutritionnelle :

Le fromage fondu possède toutes les propriétés nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Fournit à l'organisme la plupart des nutriments essentiels d'une alimentation équilibrée. C'est une excellente occasion de fournir à votre corps l'énergie et les éléments de base (lipides, glucides, protéines, minéraux et vitamines) dont il a besoin pour fonctionner sans aucune préparation. Comme tous les produits laitiers, c'est une source importante de protéines et de calcium (**Chambre et al., 1997**).

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

6. Technologie de la matière première et de fonte :

6.1. Matière première laitière :

Elles représentent la majeure partie des matières premières utilisées en fonte (**Chambre *et al.*, 1997**).

6.1.1. Fromage naturel :

Les fromages fondus et de spécialité sont des produits laitiers dans lesquels le fromage est la principale matière première utilisée comme composant laitier (**Codex Alimentarius, 2004**). Une bonne sélection de fromages naturels est essentielle pour la production de spécialités fromagères de haute qualité (**Chambre *et al.*, 1997**). Selon Boutonnier (2002), les caractéristiques du fromage sont :

- le pH
- l'extrait sec total (EST)
- la matière grasse (MG)
- l'extrait sec dégraissé (ESD)
- la nature de la texture en liaison avec la structure de la pâte
- le niveau de minéralisation (% massique de calcium sur extrait sec dégraissé)
- la teneur en caséine relative.

Ces critères sont à la base de la sélection des différents types de fromages selon le procédé technique et les ingrédients utilisés d'une part et le type de produit final souhaité d'autre part (**USDA, 2007**).

6.1.2. Pré font :

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

6.2. Autres matières premières laitières :

En plus du fromage, d'autres matières premières laitières sont également utilisés dans la production de fromage fondu (**Fox et al., 2000**) telles que :

- les concentrés protéiques laitiers,
- les poudres de lait écrémé,
- lactosérum,
- lactose,
- caséines-caséinates,
- protéines de sérum,
- co-précipités,
- crème,
- beurre et matière grasse laitière anhydride.

6.3. Matière première non laitière

6.3.1. L'eau :

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre (**Boutonnier, 2000**).

6.3.2. Sel de fonte :

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

a/ Les propriétés de sels de fonte :

- *Le pouvoir complexant ou chélatant :*

Les sels de fontes ont l'aptitude de fixer des cations pour former des complexes solubles. En effet, ils vont extraire le calcium du réseau protéique et permettre son «déverrouillage» sous une forme favorable à son hydratation. Les protéines débobinées vont jouer le rôle émulsifiant à l'interface des globules gras et permettre la formation de l'émulsion (**Boutonnier, 2000**).

- Le pouvoir tampon :

L'ajustement du pH du fromage fondu est une étape très importante dans le procédé de fabrication. Les différents sels de fonte permettent, par leur pouvoir tampon, d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur (**Chambre et al., 1997**).

- Effet bactériostatique :

Le phosphate a un effet bactériostatique qui retarde le développement des micro-organismes (**Eck & Gillis, 2006**).

b/ Les différents sels de fonte :

Il existe trois types principaux qui ont des effets différents sur la qualité du fromage fondu (**Luquet, 1990**).

- Les ortho phosphates ;
- Les poly-phosphates ;
- L'acide citrique.

6.3.3. Additif alimentaire :

Selon le *Codex Alimentarius* (2016), Il existe un groupe très important d'additifs alimentaires utilisés dans la fabrication des fromages fondus. Parmi les additifs, on citera : les colorants, les agents de texture, les arômes, les sels émulsionnants et les conservateurs.

7. Les procédés de fabrication des fromages fondus :

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

7.1. Sélection de la matière première :

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

7.2 Écrouûtage, découpage et broyage des fromages :

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

est une étape important du traitement des matières premières, car il est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène. Dans certain cas, la matière première fromagère peut même être laminée pour la transformer en très fines brisures (**Chambre et al., 1997**).

7.3. Préparation de la formule :

- Pesée de la matière première,
- Mélange.

Aux matières premières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et des sels de fonte, puis on effectue un pré broyage de l'ensemble pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu. La réhydratation des poudres avant mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte (**Chambre et al., 1997**).

7.4. Fonte proprement dite :

C'est l'opération clef de la fabrication du fromage fondu, elle peut être réalisée dans des installations en continu reliées à des pompes d'eau, de vapeur et du vide (**Fig. 4**). Le temps et la température de fonte varient entre 70 et 95°C pendant 4 à 15 minutes, tout dépend de l'intensité de l'agitation, la texture souhaitée du produit fini et ses caractéristiques de conservation (**Fox et al., 2000**). Les traitements thermiques sont généralement suffisants pour éliminer toutes formes végétatives (**Warburton et al., 1986**), mais restent inadéquats pour se débarrasser des formes sporulées. Des températures supérieures à 130°C sont exigées pour éliminer quelques spores (**ZEHREN & Nusbaum, 1992 ; Mafart et al., 2001**).

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

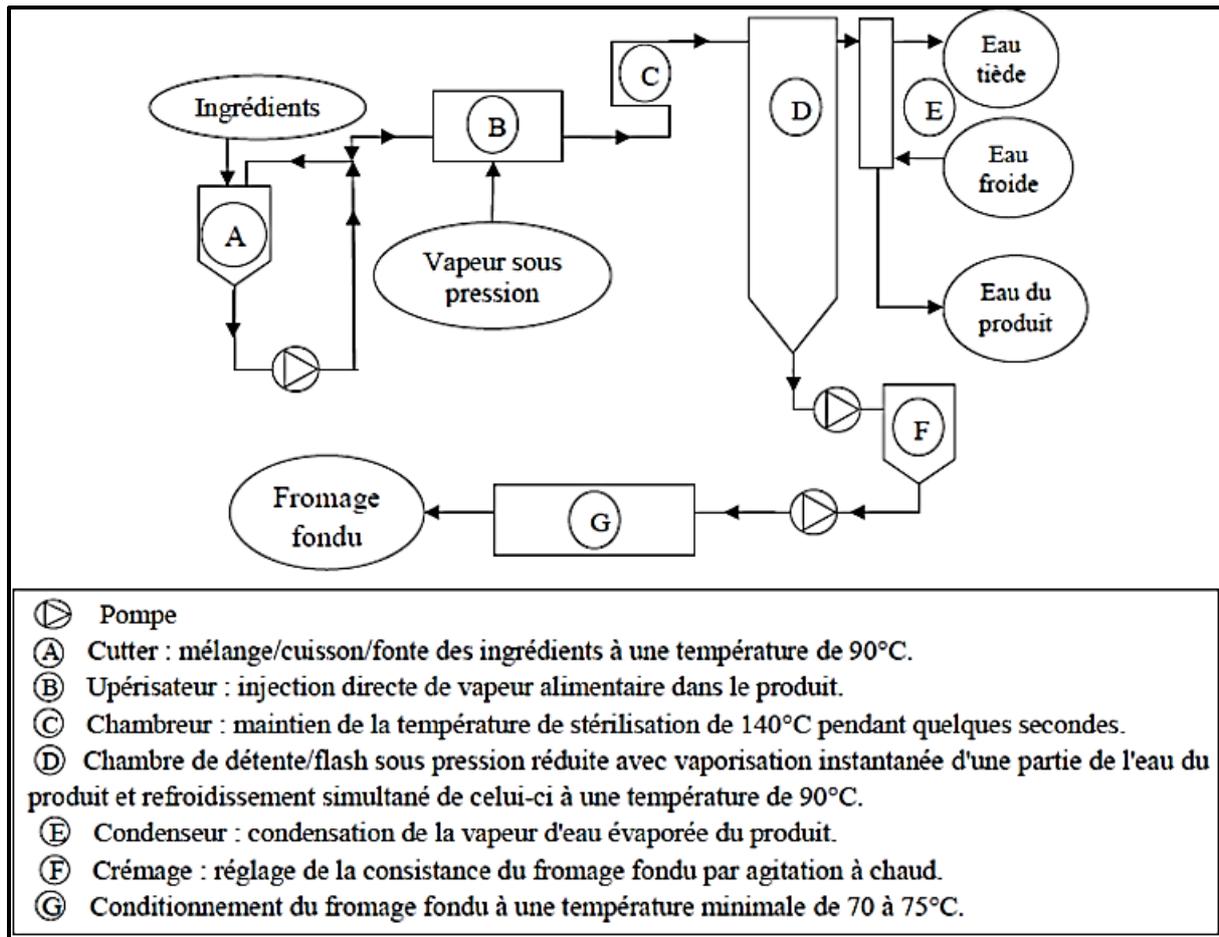


Figure 4. Principe du traitement de stérilisation UHT directe : upérisation
(Boutounier, 2002)

7.5. Homogénéisation :

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation ; cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ; elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire (maintenance et équipement), de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (Chambre *et al.*, 1997).

Le produit peut éventuellement subir une étape d'homogénéisation. Ce dernier améliore la consistance, la structure, l'aspect et l'onctuosité des fromages fondus ainsi que la stabilité des émulsions grasses en réduisant la taille des globules gras. Cependant, en raison des surcoûts (maintenance et équipement), de l'augmentation du temps de production, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les produits à teneur (Chambre *et al.*, 1997).

7.6. Conditionnement :

Le conditionnement est un processus très complexe. Il est réalisé actuellement au moyen des machines automatique à des cadences très rapides. Pour les fromages fondus en portion, des machines de plus en plus sophistiquées, elles permettent de produire 20, 80, 100, 200, 400 et 800 portions à la minute (**Boutonnier, 2000**).

Le conditionnement des portions de fromage fondu à tartiner, s'effectue dans une feuille en aluminium vernis sur les deux faces, la feuille est préformée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui après remplissage avec la pâte fondue reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage, le point de scellage se situe entre 60 et 70°C ce qui permet d'utiliser la seule chaleur du fromage fondu comme énergie de scellage (**Boutonnier, 2000**). L'automatisation du conditionnement permet de réduire considérablement les risques de la pâte après les opérations de pasteurisation ou de stérilisation (**Luquet, 1985**).

7.7. Refroidissement du fromage fondu :

Il varie en fonction du type de produit ; il doit être rapide pour le fromage fondus à tartiner et préparations à base de fromage fondu et lent pour les blocs ; toutefois, un refroidissement trop lent peut favoriser le développement des réactions de Maillard (**Chambre et al., 1997**).

7.8. Stockage de produit

On stocke les produit mis en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 - 15 C°. Cette température est suffisante pour éviter la poursuite de crémage mais n'est pas assez basse pour entraîner la formation de condensats sur les emballages.

En conclusion, le respect des conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication permet d'obtenir un produit de bonne conservation d'une durée comprise généralement entre 6 mois et 1 année (**Chambre et al., 1997**).

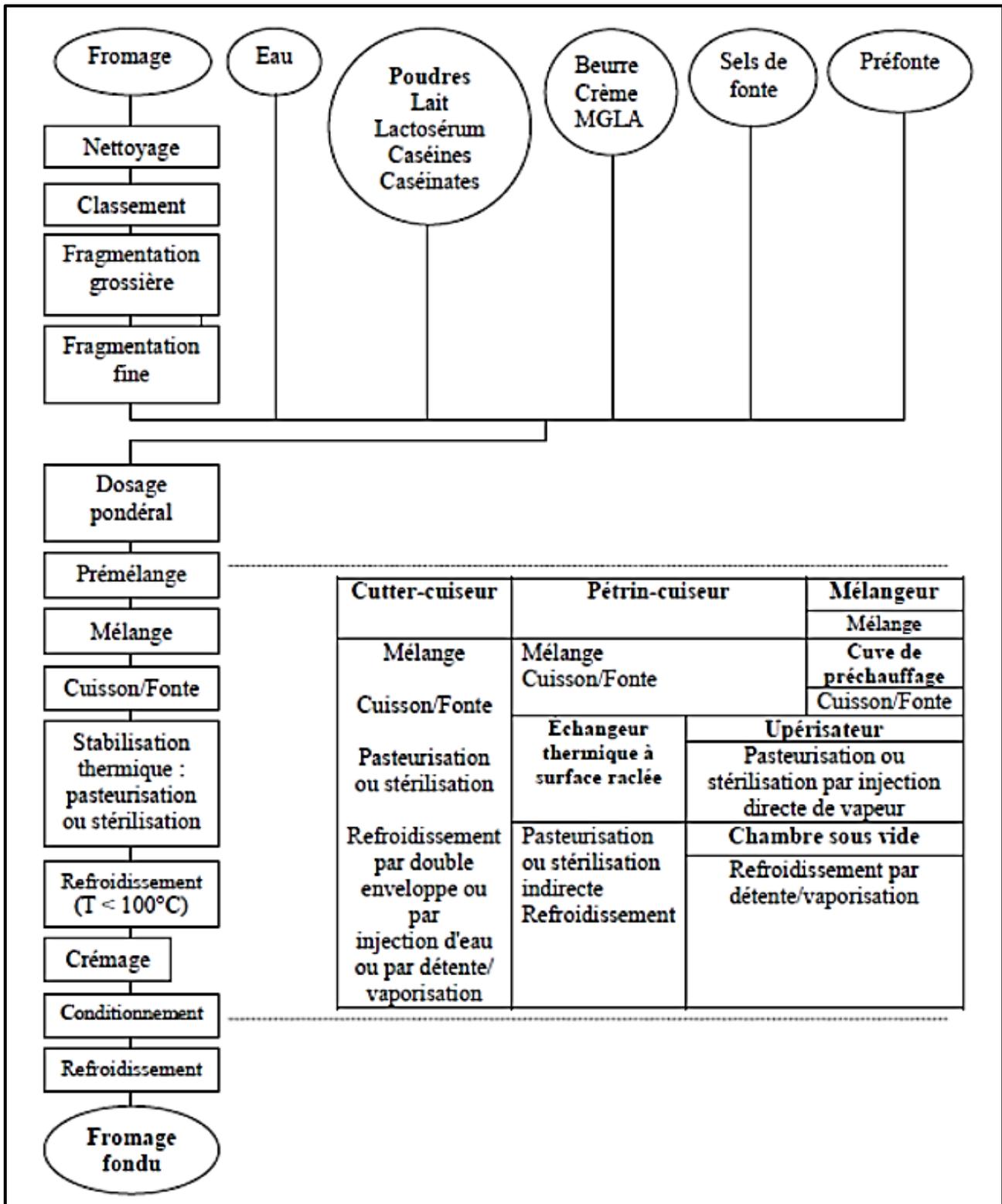


Figure 5. Principales voies de fabrication du fromage fondu (Guinee et al., 2004).

8. Défauts de fabrication :

Au cours du processus technologique et pendant le stockage, quelques défauts technologiques peuvent apparaître (Tab. 5).

Tableau 5 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager (**Berger et al., 1989**).

Aspect de la pate	Origines possibles	Remèdes
La pâte n'est pas homogène	-Le pH est faible, et sa valeur dépend de la matière première employée (ex : emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar). -La teneur de sel de fonte est faible. -Le temps de cuisson étant court.	-Augmenter le pH. -Augmenter la dose. -Augmenter le temps.
Le fromage	-La matière première utilisée.	-Mélanger la matière première
Fondu liquide	-N'est pas affinée, n'arrive pas à crémier ou à l'inverse, est trop vieille et ne gonfle pas -Les sels de fonte employés n'étaient pas crémants. -Le mélange contient une quantité élevée d'eau.	-Jeune avec une autre affinée. -Mettre un sel de fonte crémant. -Vérifier la qualité d'eau.
La pâte forme des fils	-L'emploi des sels n'est pas adéquat. -Temps de fonte court. -Dose de sels de fonte n'est pas exacte. -Brassoir d'une vitesse faible.	-Augmenter le temps. -Augmenter la dose de sels. -Augmenter la vitesse des brassoirs.
à l'ouverture des pétrins la pâte est trop molle	pH élevé.	Diminuer le pH.
A l'ouverture du pétrin la pâte est relativement épaisse	PH faible.	Augmenter le pH.
Un gout prononcé de fromage	Cela tient dans la plupart des cas, à un emploi élevé du fromage trop vieux où une valeur élevée du pH.	-Si c'est possible de mélanger la matière première à un fromage plus jeune. -Réduire la quantité des sels de fonte en remplaçant la différence par le citrate de sodium qui masque le gout indésirable.

9. Les paramètres de contrôle de la qualité du fromage fondu :

Aujourd'hui, la qualité est l'objectif recherché dans tous les domaines ; le but vers lequel doivent tendre toutes les entreprises agro-alimentaires. Certainement, pour avoir un produit fini qui satisfait bien le consommateur, il faut évaluer sa qualité en réalisant différentes analyses (**Boutonnier, 2000**). Le contrôle est effectué à toutes les étapes de fabrication et du conditionnement :

9.1. Contrôle physico-chimique :

Les contrôles physico-chimiques sont des contrôles qui consistent à surveiller les volumes, les doses et la température de stockage. De plus, le contrôle de l'emballage, les proportions des ingrédients et le poids pendant toute la chaîne de fabrication jusqu'au stade de la commercialisation.

9.2. Contrôle bactériologique :

Les contrôles bactériologiques sur les fromages visent :

- D'une part, à vérifier l'absence des germes pathogènes et la présence en nombre limité de micro-organismes indicateurs d'hygiène.
- D'autre part, à contrôler l'absence des germes d'incidences technologiques défavorables. Il s'agit des spores, des levures, ainsi que des micro-organismes tels que les coliformes, Staphylocoques et Salmonelles (**Bourgeois & Levreau, 1990**).

9.3. Contrôle organoleptique du produit fini :

Les propriétés organoleptiques sont mentionnées dans l'ordre chronologique de jugement Comme suit :

- Apparence (forme, couleur) relevant de la vision.
- Flaveur (arôme et saveur) relevant de l'odeur et du goût.
- La texture (résistance à la mastication) relevant de la mastication (**Bourgeois & Levreau, 1990**).

Partie Expérimentale

Matériel & Méthodes

Matériel et Méthodes :

La qualité du lait et des produits laitiers qui en dérivent est un concept comportant plusieurs facettes (Guiraud, 1998). Les contrôles qualité sont effectués sur les matières premières et les produits finis, mais aussi pendant la fabrication et sur les équipements (maintenance préventive). Ils visent à assurer la mise sur le marché de produits sûrs (exempts de risques microbiologique, chimique ou physique) conformément aux règlements. De plus, les contrôles permettent de s'assurer que les laits fermentés présentent les qualités organoleptiques requises et attendues par le consommateur (saveur, arôme, texture, couleur) et que leurs propriétés seront stables pendant toute la durée de commercialisation.

Dans le but de révéler les défaillances dans la chaîne de production et commercialisation des dérivés laitiers, nous sommes proposés à faire une étude pour estimer la qualité bactériologique et physicochimique du fromage fondu et du yaourt en tant que produits finis et commercialisés localement.

Une série d'analyses a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique de contrôle de qualité (Agroalimentaire), faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers (SNV/STU) à l'Université du 8 mai 1945 -Guelma- Algérie, durant la période qui s'est étalée du mois février jusqu'au mois de mars de l'année 2023.

1. Matériel :

1.1. Échantillonnage :

Le choix des produits finis a été effectué sur la base de la réputation des marques et de la disponibilité sur le marché algérien. Cinq échantillons de yaourt "Soummam" et de fromage fondu "Cheezy" ont été prélevés de la région de Guelma, où ils sont commercialisés (Fig. 6).



Figure 6. Marques des produits analysés de yaourt et fromage.

Les prélèvements ont été réalisés au hasard, dans des conditions de vente normale et d'un même lot de fabrication. Ils sont conservés au froid à 5-6°C° (en prenant toutes les précautions d'hygiène).

1.2. Appareillages et matériels :

Nous avons utilisé :

- Agitateur ;
- Plaque chauffante avec agitation ;
- pH-mètre électronique ;
- Balance analytique ;
- Bain marie ;
- Dessiccateur ;
- Centrifugeuse ;
- Four à moufle ;
- Four Pasteur ;
- Réfractomètre ;
- Hôte chimique ;
- Burette sur support ;
- Butyromètre de Gerber ;
- Centrifugeuse de Gerber ;
- Autoclave ;
- Etuve d'incubation ;
- Bec benzène ;
- Compteur colonies ;
- Micropipette 100 µL et 1000 µL
- Boîtes de pétri stériles ;
- La verrerie : Flacons, erlenmeyer, pipettes, pipettes pasteurs, béchers, tubes à essais stériles, étaleurs, capsules.

Avant chaque utilisation, la verrerie doit être soigneusement lavée, séchée et stérilisée au four Pasteur à 180°C pendant 20 minutes.

1.3. Produits chimiques et réactifs :

Pour réaliser les analyses physico-chimiques, nous nous sommes servi de :

- Solution alcoolique de phénol phtaléine comme indicateur de couleur ;

- NaOH (soude Dornic) ;
- Acide sulfurique (H₂SO₄) ;
- Alcool iso-amylique ;
- Alun de fer ;
- Sulfate de sodium.

1.4. Milieux de culture :

En ce qui concerne le control microbiologiques, les milieux de culture utilisés sont les suivants :

Milieux gélosés :

- Gélose lactosée au bromocrésol-pourpre (BCP) : pour l'isolement de *E. coli* et *Salmonella* ;
- Gélose nutritive : pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT) ;
- Gélose Chapman : pour le dénombrement des staphylocoques ;
- Gélose au VF (Viande Foie) : pour la recherche et le dénombrement des Clostridium suflito-réducteurs ;
- Gélose Hektöen : pour la recherche et le dénombrement de *Salmonella* et *E. coli* ;
- Gélose Sabouraud : pour le dénombrement des levures et les moisissures.

Milieux liquides :

- Le bouillon Tryptone Sel Eau (TSE) : pour la préparation des solutions mères ;
- Le bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVB) : pour la recherche des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

2. Méthodes :

2.1. Contrôle physico-chimique :

Le contrôle physico-chimique des matières premières et des produits finis, a pour but la vérification de la conformité de ces derniers par rapport aux normes en vigueur. Il présente l'avantage de signaler toute erreur de fabrication ou toute modification des paramètres au cours des procédés de fabrication. En effet, ces analyses contribuent à la protection du consommateur par tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement).

Au cours de notre étude, les analyses physico-chimiques ont été réalisées selon les normes algériennes publiées dans le journal officiel de la république Algérienne **JORA (1998)** et celles de l'association française de normalisation **AFNOR (1986)**.

2.1.1. Mesure du pH :

L'une des valeurs les plus couramment mesurées est le pH, qui sert à quantifier la concentration en ion H^+ dans l'échantillon. Ces ions confèrent au milieu son caractère acide ou basique, ce qui peut nous renseigner sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité. L'appareil utilisé, le pH-mètre, mesure la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans l'échantillon à analyser (**Bénisse *et al.*, 2016**).

✚ Mode opératoire :

Dans un bécher, on disperse 10 g de yaourt/fromage fondu (selon le test) dans 90 ml de l'eau distillée, puis la solution est homogénéisée sur l'agitateur pendant 10 minutes. Après l'étalonnage du pH-mètre à l'aide de deux solutions tampons (pH = 4 et pH = 7), on introduit son électrode dans l'échantillon et le résultat apparaîtra directement sur le cadran de l'appareil (**Fig. 7**).



Figure 7. Mesure du pH des échantillons analysés à l'aide d'un pH-mètre (type HANNA pH 2211).

2.1.2. Détermination de l'acidité titrable :

L'acidité Dornic correspond à la quantité d'acide lactique contenue dans un litre de solution, $1^{\circ}D = 0,1$ gramme d'acide lactique.

Le principe de cette méthode consiste à mesurer la teneur en acide lactique ; elle est basée sur la détermination acido-basique d'échantillons par titrage volumique avec une solution

alcaline d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'un indicateur coloré tel que la phénolphthaléine (JORA, 2015), selon la réaction suivante :



✚ **Mode opératoire :**

Une solution préparée de 10 grammes de produit (yaourt/fromage fondu) avec 90 ml d'eau distillée, a été mise sous une agitation magnétique, puis rajoutée 3 gouttes de phénolphthaléine. À l'aide d'une burette, on titre avec du la soude NaOH (1/9 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante à un pH égal à 8,30 (Fig. 8). L'acidité exprimée en degré Dornic est donnée par la formule.

$$\text{Acidité (D}^\circ\text{)} = V_{\text{NaOH}} \times 0,9$$

D° : acidité en degré Dornic.

V_{NaOH} : volume de chute de la burette (ml) ; volume de la soude nécessaire pour titrer la solution.

0,9 : facteur de conversion pour l'acide lactique.



Figure 8. Détermination de l'acidité de yaourt/fromage par titrage à l'aide d'hydroxyde de sodium.

2.1.3. Mesure de l'extrait sec :

La détermination de la teneur en l'extrait sec totale (matière sèche) se fait par une évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve à une température de 105°C et la pesée du résidu (AFNOR, 1986).

✚ Mode opératoire :

Sur une capsule séchée et tarée, on pèse 5g du produit à analyser (yaourt/fromage fondu). Puis, on l'introduit dans une étuve pour le séchage pendant 1h. Ensuite, on laisse la prise dans un dessiccateur pour refroidir avant d'être pesée à nouveau (Fig. 9). La teneur de l'extrait sec est mesuré selon la formole suivant :

$$\text{EST (\%)} = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

M_0 = poids de capsule (g).

m_1 = poids de capsule + 5g de produit à analyser avant dessiccation (g).

m_2 = poids de capsule + 5g de produit à analyser après dessiccation (g).

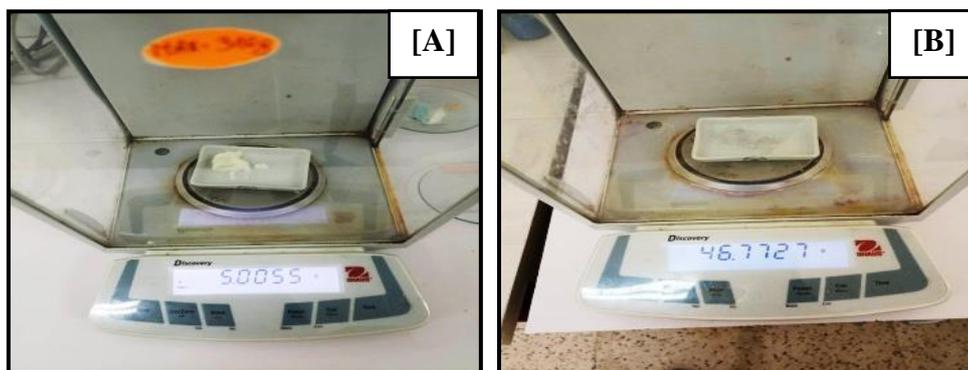


Figure 9. Détermination de l'extrait sec total de produit à analyser.
[A : avant dessiccation ; B : après dessiccation]

2.1.4. Le taux d'humidité (H) :

L'humidité consiste en la mesure de la quantité d'eau contenue dans l'échantillon par évaporation d'eau. Elle est déterminée en se basant sur les résultats de la matière sèche, et en appliquant la formole suivante :

$$\text{Hm (\%)} = 100 - \text{EST (\%)}$$

EST : extrait sec total.

Hm : humidité.

2.1.5. Détermination de la matière grasse par la méthode de acido-butyrométrie de Gerber :

Cette méthode se fait au moyen d'acide sulfurique (H_2SO_4) qui catalyse la dissolution des protéines des produits laitiers, à l'exception de la matière grasse qui se sépare sous l'influence de la chaleur produite. La séparation de la phase grasse de la phase aqueuse étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylique (JORA, 2014).

✚ Mode de opératoire :

On dépose 3g de l'échantillon dans un butyromètre à yaourt ou à fromage, on ajoute 15 ml de l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'échantillon soit émergé, puis on place le butyromètre à un bain marie à 70-80°C pendant 5 min, pour favoriser la dissolution complète des protéines. Par la suite, on additionne 1 ml d'alcool iso amylique et on remplit d'acide sulfurique jusqu'à mi- échelle du butyromètre, puis on agite avec précaution jusqu'à la disparition des grumeaux et on centrifuge pendant 5 minutes (1500 tour/min) (Fig. 10). L'obtention de la teneur en matière grasse se fait par lecture directe sur l'échelle du butyromètre et exprimée en pourcentage.



Figure 10. Détermination de la matière grasse de fromage fondu à l'aide d'un butyromètre de Gerber

Selon le Codex Alimentarius (2011), la déclaration de la teneur en matière grasse laitière se fait comme suit :

**Tableau 6 : Déclaration de la teneur en matière grasse laitière
(Codex Alimentarius, 2011)**

Extra gras ou double crème	si la teneur en MG est égale ou plus de 60 %
Tout gras ou au lait entier ou crème	si la teneur en MG est supérieure ou égale à 45 % et inférieure à 60 %
Mi-gras ou demi-écrémé	si la teneur en MG est supérieure ou égale à 25 % et inférieure à 45 %
Partiellement écrémé	si la teneur en MG est supérieure ou égale à 10 % et inférieure à 25 %
Maigre ou écrémé	si la teneur en MG est inférieure à 10 %

2.1.6. Détermination du taux d'extrait sec dégraissé "ESD" :

Le taux de l'extrait sec dégraissé exprime la teneur en éléments secs débarrassés de la matière grasse, beaucoup plus constante que la matière sèche totale, elle est presque toujours voisine de 90 g/l (Veisseyre, 1975). La teneur en extrait sec dégraissé est déterminée par la soustraction de la teneur en matière grasse à l'EST. La teneur en ESD est calculée comme suit :

$$\text{ESD (g/l)} = \text{EST} - \text{MG}$$

ESD : Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait sec total.

MG : Matière grasse.

2.1.7. La détermination de la teneur en matière grasse dans matière sèche (MG/MS) :

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

$$\text{G/S (\%)} = (\text{MG} / \text{EST}) \times 100$$

G/S : rapport gras/sec.

MG : matière grasse.

EST : extrait sec total.

La teneur en eau dans le fromage dégraissé :

Concernant le fromage, un autre paramètre qui est utilisé pour déterminer les caractéristiques de fermeté et d'affinage. Il s'agit de TEFD, c'est-à-dire le pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé. Il est donné par la formule suivante :

$$\text{TEFD} = \frac{\text{Poids de l'eau dans le fromage}}{\text{Poids total du fromage} - \text{matière grasse dans le fromage}} \times 100$$

Exemple : Soit, par exemple, un fromage ayant une TEFD de 57 %. Le nom serait alors : «Fromage ferme affiné aux moisissures» (**Tab. 7**).

Tableau 7 : Dénomination de fromage selon les caractéristiques de fermeté et d'affinage (**Codex Alimentarius, 2011**)

Dénomination selon les caractéristiques de fermeté et d'affinage :		
Selon la fermeté : Formule 1		Selon le degré d'affinage principal : Formule 2
TEFD (%)	Dénomination	
< 51	Pâte extra-dure	Affiné
49 – 56	Pâte dure	Affiné aux moisissures
54 – 69	Pâte ferme/semi-dure	Non affiné/frais
> 67	Pâte molle	En saumure

2.1.8. Mesure de taux de cendres totales :

Le taux de cendres se mesure après l'incinération d'une prise d'essai de 5 g de yaourt/fromage fondu dans un four à moufle à 550 °C pendant 4 heures. Avant d'être pesée à nouveau, on laisse la prise dans un dessiccateur pour refroidir. Le résultat est exprimé en pourcentage de la prise d'essai après le calcul du taux de la matière organique (**Fig. 11**) selon la formule suivant :

$$\text{TC} = 100 - \text{MO} \%$$

Dont :

$$\text{MO}\% = (M_1 - M_2) / P \times 100$$

MO : matière organique.

M₁ : poids de la capsule + prise d'essai avant incinération (g).

M_2 : poids de la capsule + prise d'essai après incinération (g).

P : poids de la prise d'essai.



Figure 11. Détermination le taux des cendres de yaourt.

2.1.9. Mesure le degré Brix :

Le Brix se rapproche du pourcentage de solides solubles dans l'eau. Il reflète notamment la quantité de sucre présente dont exprimée en terme de pourcentage du contenu en saccharose. L'indice de réfraction est une mesure du comportement de la lumière lorsqu'elle traverse l'échantillon. Il est utilisé pour déterminer ses propriétés physiques telles que la concentration et la densité. Ces valeurs sont déterminées à l'aide d'un réfractomètre de type Bellingham + Stanley RFM 330T (**Fig. 12**).

✚ Mode d'opérateur :

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 yaourt / 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. Après la mesure, l'échantillon doit être retiré et le prisme nettoyé.



Figure 12. Réfractomètre utilisé en mesure d'indice de réfraction et d'indice Brix.

2.2. Contrôle microbiologique :

Les analyses microbiologiques ont pour but de dénombrer les populations microbiennes et déceler les sources de contamination afin d'éviter toute forme de toxi-infection alimentaire pour les consommateurs ou modification des caractères organoleptiques du produits lors de sa mise sur le marché.

Les critères de sécurité applicables aux produits laitiers sont définis par les règlements du Journal Officiel De La République Algérienne **JORA (1998, 2000, 2017)**.

Pour effectuer l'analyse microbiologique, nous avons suivi les étapes suivantes : Après la préparation du poste de travail, du matériel et des produits ; il faudra tout d'abord désinfecter la verrerie et autres outils nécessaires, préparer les milieux de cultures et enfin référencier les boîtes de pétri, les tubes et flacons, etc. Les manipulations doivent être réalisées devant le bec bunsen allumé.

2.2.1. Préparation de la solution mère et de la dilution décimale :

Les dilutions destinées à l'analyse sont réalisées à partir de la suspension mère de produit broyé ; 25g de yaourt/fromage fondu sont introduits dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) et homogénéisés soigneusement. Cette solution mère correspond alors à la dilution 10^{-1} (1/10), conservée par la suite dans un réfrigérateur 24 heures avant l'utilisation. À partir de cette dernière, un volume de 1 ml est prélevé aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée et introduit dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE. La même procédure se répète pour obtenir la dilution 10^{-3} (**Fig. 13**).



Figure 13. Préparation de la solution mère et de la dilution décimale

2.2.2. Recherche et Dénombrement des flores :

Les flores recherchées et les milieux utilisés sont représentés dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8 : Les différents germes recherchés et le mode de recherche.

Germes recherchés :	Milieu de culture :	Technique d'ensemencement :	T°C et temps d'incubation
Coliformes totaux et fécaux	Bouillon BLBVB	Incorporation	37°C / 24 à 48h pour CT 44°C / 24 à 48h pour CF
<i>E. coli</i> et <i>Salmonella</i>	Gélose BCP	En surface	37°C / 24 h
<i>E. coli</i> et <i>Salmonella</i>	Gélose Hektöen	En surface	37°C / 24 h
FAMT	Gélose nutritive	En masse (double couche)	37°C / 4 j
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gélose Chapman	En surface	37°C / 24 à 48 h
Clostridium sulfito-réducteurs	Gélose Viande de foie + 02 gouttes d'alun de fer + 04 gouttes de sulfite de sodium	En masse	37°C / 24 à 48 h
Levures et les moisissures	Gélose Sabouraud	En masse	25 à 37°C / 3 à 4 j

2.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes :

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

Les coliformes fécaux, ou 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 une moindre mesure, certaines espèces des familles *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

E. coli une bactérie Gram négatifs, anaérobie facultative, non sporulés, à oxydase négative et figurant dans la flore microbienne humaine, *E. coli*, est un indicateur de contamination fécale et de conditions hygiéniques pauvres (**Sugrue et al., 2019**). Ces bactéries sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de 42°C ± 2°C (**Bourgeois & Leveau, 1980**).

Les salmonelles sont des entérobactéries pathogènes. Ces bactéries sont aéroanaérobies facultatives, non sporulés et mobiles à oxydase négative et nitrate réductase positive (Farougou *et al.*, 2013 ; Ryan *et al.*, 2017).

Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux ont été effectués par la méthode de trois tubes du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie (Rejsek, 2002). Le but de ces manipulations est de déterminer et d'évaluer l'étendue de la contamination fécale du produit testé. En effet, les coliformes fécaux ont du mal à survivre en dehors de l'intestin, reflétant ainsi une contamination fécale récente. Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : réservé à la recherche des coliformes et fécaux ;
- Le test confirmatif : réservé à l'identification d'*E. coli* et *Salmonella*.

- Le test présomptif :

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVB). À partir des dilutions du yaourt et fromage fondu (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}), il faut préparer de manière aseptisée 3 tubes pour chaque dilution contenant 1 ml d'inoculum dans 10 ml de bouillon. Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. L'incubation se fait dans l'incubateur à 37 °C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes totaux et 44 °C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes fécaux.

Tout dégagement gazeux et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) se signifient d'un résultat positif. De plus, les coliformes fécaux apparaissent en masse sous forme de colonies de couleur rose et de 0,5 mm de diamètre. Le dénombrement se fait à l'aide de la table de Mac Grady.

- Le test confirmatif :

Cette recherche peut être confirmée par l'isolement et l'identification des germes producteurs de gaz. À cet effet, on pratique une subculture du contenu des tubes gazogènes sur un milieu solide approprié, tel que la gélose lactosée au bromocrésol-pourpre (BCP). C'est un milieu non sélectif, lactosé, utilisé principalement pour la culture des bacilles à gram négatifs non exigeants. La présence de lactose et de bromocrésol pourpre permet de connaître le caractère lactose des bactéries, on distingue deux groupes :

- Le milieu vire au ‘jaune’ ou ‘coloration jaune des colonies’ correspond à une acidification du milieu par fermentation du lactose ; donc on parle des bactéries lactose (+), ex : *E. coli*.
- Le milieu reste ‘violet’ ce qui indique qu’il n’y a pas d’acidification du milieu ; donc on parle des bactéries lactose (-), ex : *Salmonella*.

Les tubes de BVBRL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l’objet d’un repiquage d’un 0,1 ml à l’aide d’une pipette dans des boîtes de pétrie contenant le milieu BCP. Ensuite, on fait un étalement à la surface du milieu avant d’être incubé à une température de 37° pendant 24 heures.

2.2.4. Recherche et dénombrement de *E. coli* et *Salmonella* :

Un autre milieu a été utilisé pour la culture des colonies d’*E. coli* et *Salmonella*, il s’agit de la gélose Hektöen. C’est un milieu sélectif et différentiel servant à la culture des microorganismes entériques à Gram négatif, en particulier à l’isolement des espèces *E. coli*, *Salmonella* et *Shigella* issues d’échantillons fécaux. La sélectivité vient du fait que la présence des sels biliaires et des colorants inhibe la plupart des organismes à Gram positif, ce qui permet uniquement aux bacilles à Gram négatif de se développer sur la gélose. De plus, la fermentation des glucides tels que le lactose, le saccharose et la salicine est l’une des caractéristique utilisée pour identifier les coliformes.

🔧 Mode opératoire :

La recherche d’*E. coli* et des salmonelles sont effectués sur le milieu Hektöen. Après solidification de la gélose préalablement fondue (15 ml), on ajoute à la surface de chaque boîte un volume de 0,1 ml de la solution mère avec 05 répétitions pour chaque dilution (10^{-1} , 10^{-2}). À l’aide d’une pipette pasteur en verre, on fait l’ensemencement à la surface. L’incubation à lieu à 37° pendant 24h.

L’apparition d’une couleur jaune orangé à saumon à la surface de la culture avec des précipités biliaires autour des colonies, indique la présence d’*E. Coli*. Tandis que, les colonies de *Salmonella* apparaissent de couleur verte à bleue avec centre de couleur noire.

2.2.5. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT) :

Cette flore représente tous les microorganismes (bactéries, levures et moisissures) pouvant croître en présence d’oxygène et à des températures allant de 20 à 37 °C. La gélose

nutritive est un milieu qui convient à la culture de ces germes qui ne présentent pas d'exigences particulières.

✚ Mode opératoire :

On fait fondre la gélose nutritive dans un bain marie à 100°C, puis on laisse la refroidir à 45°C. À l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1 ml de la solution mère (10^{-1}) du yaourt ou bien du fromage fondu et on le dépose sous forme de gouttelette au fond de la boîte de pétri, puis on fait couler aseptiquement la gélose (environ 15 ml). Ensuite, on homogénéise le tout par des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. On laisse solidifier les boîtes sur paille, puis on rajoute une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses. On fait les mêmes étapes pour la dilution 10^{-2} et 10^{-3} . L'incubation se fait à une température de 37°C pendant 04 jours.

Toutes les colonies développées des FMAT sont prises en considération et sont donc dénombrées (**Uzoigwe Nnenna et al., 2021**). Les colonies apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes.

2.2.6. Recherche et dénombrement des Staphylocoques :

Les staphylocoques sont des cocci à Gram positif, disposés en amas ou en grappe de raisin, aéro-anaérobies ubiquitaires et à catalase (+). Il appartient à la famille des *Micrococcaceae*. *Staphylococcus aureus* (ou Staphylocoque doré) est une bactérie que l'on peut trouver normalement sur la peau et les muqueuses. Certains *Staphylococcus aureus* produisent des toxines et peuvent être responsables de divers syndromes, par exemple des intoxications alimentaires.

✚ Mode opératoire :

Dans les boîtes de pétri, on coule la gélose Chapman déjà fondu (15 ml) et on laisse prendre en masse. On verse 0,1 ml de chaque dilution dans ces boîtes (05 répétitions par dilution) avant d'ensemencer en surface à l'aide d'une pipette pasteur en verre (râteau). Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48h (**ISO, 2008**). Lecture est basée sur l'apparition de colonies de taille moyenne lisse, brillantes, en jaune (**Boudjiret Zehar, 2019**).

2.2.7. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs :

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) font partie de la famille des *Clostridiaceae*. Ils sont des bacilles Gram positif strictement anaérobies, à sporulation et à catalase négative (**Larpent, 2013**). Leur présence dans les produits laitiers est un indicateur de contamination fécale éventuellement ancienne et qui peut causer des intoxications alimentaires (**Joffin & Joffin, 2003**).

Mode opératoire :

À l'aide d'une pipette graduée, on place 20 ml de la solution mère dans quatre tubes (5 ml dans chaque tube). On porte ces tubes dans un bain d'eau à 90°C pendant 15min, puis on refroidit rapidement à la température ambiante. Les formes végétatives sont alors détruites, seules les spores subsistent. On coule la gélose Viande-Foie fondue au bain marie à 100°C et on refroidit à 45°C (additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium), puis on homogénéise par des mouvements rotatoires verticales sans faire des bulles d'air. L'incorporation se fait dans des tubes et non des boites afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air. L'incubation se fait à 44°C pendant 24-48h. La présence d'un résultat positif d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice est exprimée par l'apparition des colonies entourées d'un halo noir.

2.2.8. Recherche et dénombrement des levures et les moisissures :

Les levures sont des micro-organismes eucaryotes, non photosynthétiques, chimiquement hétérotrophes (**Hencké, 2000**). Ils ont la capacité de former de l'alcool, c'est-à-dire de l'éthanol, et du CO₂ (dioxyde de carbone). La présence de levures à la surface des yaourts sont l'indice d'une pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits (**Romain et al., 2015**).

Les moisissures sont des champignons microscopiques omniprésents filamenteux (**Meheut, 2012**). Ils produisent des spores disséminées par l'air et l'eau. Les moisissures poussent sur des milieux acides. Ce sont des micro-organismes d'altération, très utilisés en fromagerie. Les principaux genres intéressants en laiterie sont : *Alternaria* (**Isabelle, 2002 ; Afssa, 2009**).

✚ Mode opératoire :

La recherche et dénombrement des levures et des moisissures sont effectués sur la gélose Sabouraud au chloramphénicol. On fait fondre la gélose au bain marie à 100°C, puis on la refroidit à 45°C. Ensuite, 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 04 gouttes de la solution mère et on fait un étalement à la surface du milieu (05 répétitions pour chaque dilution 10^{-1} et 10^{-2}). On incube les boites à température ambiante pendant 3-5 jours à une température 25 à 37 °C.

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

3. Calcul des résultats :

En milieu liquide, la méthode du nombre plus probable (NPP) a été utilisée dans le cas des tubes positifs à l'aide de la 'Table de Mac Grady'. C'est une technique statistique efficace d'estimation des densités de populations microbiennes (**Castro-Rosas et al., 2012**). Le calcul de nombre de microorganismes par gramme de produit s'est fait par la formule suivante :

$$N = (NPP \times K) / v$$

N : nombre de microorganismes par ml de produit $NPP \times K$.

NPP : nombre lu dans la table de Mac Grady.

K : facteur de la dilution correspondante au chiffre des centaines du nombre caractéristique.

V : volume de l'inoculum.

En ce qui concerne le comptage des colonies sur les milieux solides, les résultats sont exprimés en unités formant colonies (UFC) par g de produit (yaourt / fromage fondu). Cette technique consiste à faire la moyenne pondérée du nombre de colonies obtenues sur deux dilutions successives dont l'une, au moins, présente un minimum de 10 colonies. Le nombre maximal de colonies en totalité est de 300 par boîte (**JORA, 2004 ; ISO, 2007**). Le comptage est effectué selon la formule la norme **ISO, 2007**.

$$N = \sum c / (V \times 1,1 d)$$

N : concentration en nombre d'UFC par millilitres

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

V : volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte en millilitres.

d : dilution correspondant à la première boîte retenue ; avec l'inoculum le moins dilué.

Le résultat est arrondi à 2 chiffres, exprimé avec un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par la puissance de 10 appropriée.

4. Synthèse des analyses réalisées :

Le schéma suivant (**Fig. 14**) résume l'ensemble des analyses physico-chimiques et microbiologiques appliquées lors de notre étude en évaluant la qualité des produits finis : yaourt et fromage fondu.

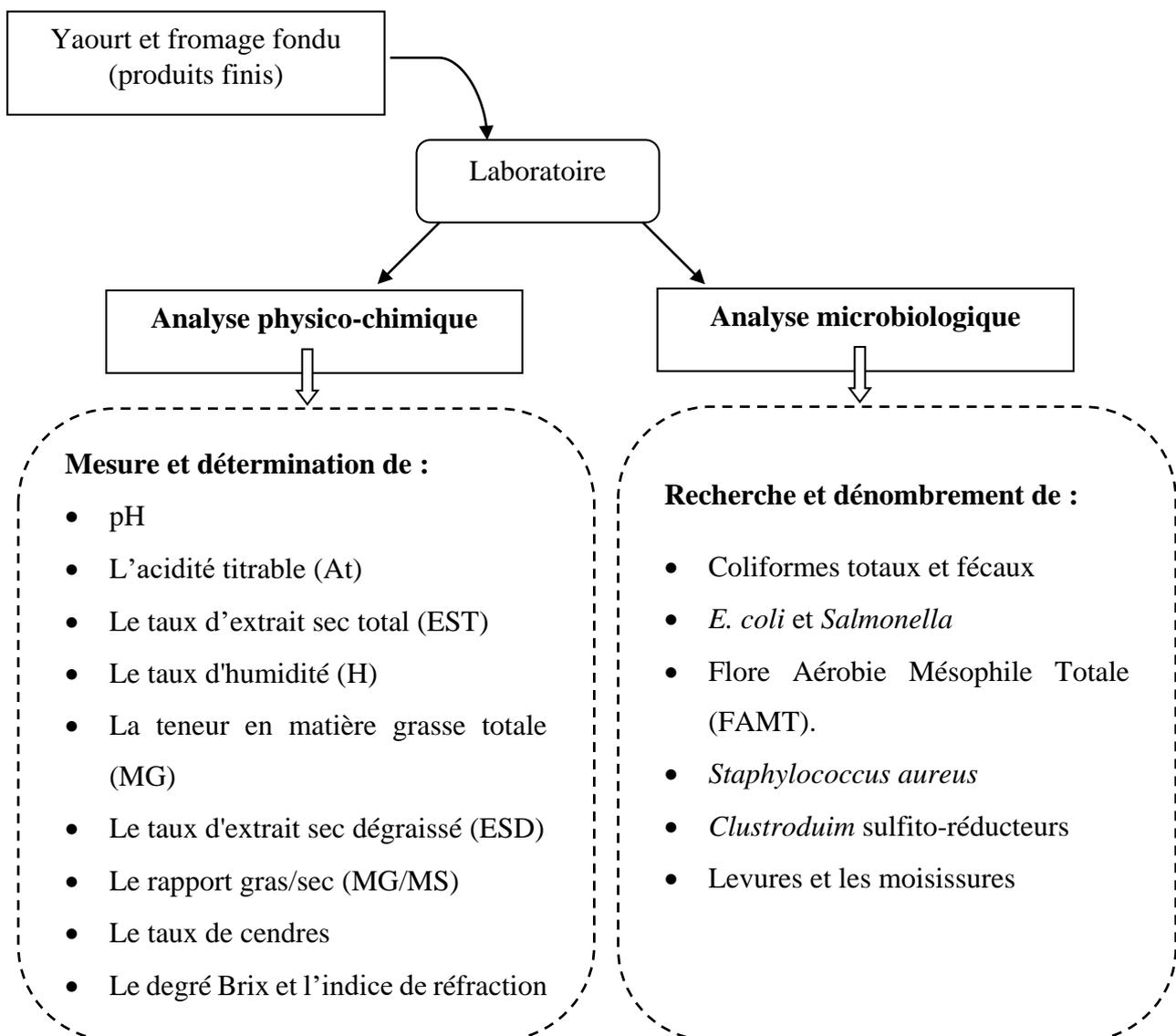


Figure 14. Schéma représentatif des différentes analyses réalisées sur le yaourt et le fromage fondu.

Résultats & Discussion

Résultats et Discussion :

1. Contrôle physico-chimique :

Les résultats des analyses physico-chimiques des deux échantillons, yaourt et fromage fondu, sont indiqués dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9 : Les analyses physico-chimiques du yaourt et fromage fondu.

	Yaourt "Soummam"		Formage fondu "Cheezy "	
	Valeurs :	Normes JORA (1998)	Valeurs :	Normes (AFNOR, 1986)
pH (%)	4,5	4,5 - 4,8	6,23	5,6 - 5,85
Acidité (D°)	47	70 - 81	50	-
EST (%)	21,4	18,5 - 20,6	50,4	≥ 40
Humidité (%)	78,6	80 - 94	49,6	Max 50
MG (g/l)	2,8	0,5 - 3	18	Min 22,5
ESD (g/l)	18,6	-	32,4	-
(MG / MS) (%)	22,43	-	35,71	Min 40
TEFD (%)			61,46	-
Cendres totales (%)	4,4	-	4,8	-
°Brix (%)	1,8	-	2	-
Indice de réfraction	1,33	-	1,33	-

1. 1. Le potentiel hydrogène (pH) :

Selon la norme **JORA (1998)**, la valeur de pH enregistrée de yaourt (4,5) se situe idéalement dans l'intervalle accepté (4,5 - 4,8) (**Tab. 02**). Ce pH acide du yaourt est lié à l'action des bactéries lactiques, entraînant une fermentation du lactose et l'excrétion de l'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH (**Azzeddine, 2014**). Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques est déterminante dans le processus d'élaboration du yaourt. Cela signifie qu'il a été élaboré avec un taux d'ensemencement non respecté.

De l'autre côté, celle du fromage fondu analysé (6,23) est légèrement supérieure par rapport aux normes **AFNOR (1986)** (5,6 - 5,85) (**Tab. 9**). La stabilité du pH lors des procédés de fabrication est donc primordiale, ce permet de contrôler la sûreté, la qualité et la

conservation des produits laitiers, y compris l'yaourt et fromage fondu (**Arthur & Prashanti Kethireddipalli, 2011**). Il est également nécessaire pour les caractéristiques sensorielles : une acidité, un arôme, une texture et une saveur bien-équilibrés du produit final (**Özer & Atasoy, 2002**). L'incidence du pH sur la texture des fromages fondus est exprimée par les caractéristiques de la pâte du fromage. Un pH de 5,90 à 6,20 donne une pâte liée, trop humide, collante, au goût légèrement savonneux, avec une faible aptitude à la conservation. C'est le cas de notre échantillon. Par contre, un pH de 5,70 à 5,90 donne une pâte homogène, courte, onctueuse et facilement tartinable (**Boutonnier, 2000**). Pour cela, les sels de fontes permettent par leur tampon d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur (**Vignola, 2002**).

De plus, les travaux de **Choisy et al., (1997)** ont confirmé que l'influence du pH sur le développement microbien et l'activité enzymatique est particulièrement déterminante. Parmi les microorganismes constituant les flores internes et superficielles, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à des pH inférieurs à 5, en revanche ; certaines espèces d'altération comme *Brévibacterium linens* ou certains groupes, tels que *Pseudomonas*, sont inhibés par une faible acidification du milieu (**Laribi et al., 2009**).

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

1. 2. L'acidité titrable :

La mesure de l'acidité de yaourt analysé montre une valeur estimée à 47 °D, cette valeur n'entre pas dans la fourchette de tolérance de l'entreprise (70 - 81°D) selon les normes **AFNOR, 1986**). De plus, nous avons enregistré une valeur de 50 °D pour le fromage fondu. Cette faible teneur en acide lactique peut être expliquée par la nature des fromages utilisés comme matière premières qui sont généralement des fromages à pâte pressée et longuement affinés (**Henning et al., 2006**).

Une acidité élevée est due principalement à la présence d'une teneur élevée des protéines surtout les caséines. Dans une étude publiée par **Frohlich et al., (2007)**, ont signalé que plus l'acidification est importante, plus le calcium lié sera solubilisé et extrait de la matrice de caséine, cette étape est déterminant lors de la fabrication des fromages fondus. Autres substances acides telles que les sels minéraux (anions phosphates), le CO₂, et d'acides

organiques, les plus souvent l'acides lactique ou le citrate sont indispensables (**Amiot et al., 2002**). De plus, l'humidité joue un rôle majeur pour le produit fini ; le fromage le plus humide est le plus acide (**Patart, 1987**).

1.3. L'extrait sec total et l'humidité :

Nos résultats montrent que la teneur en matière sèche du yaourt a une valeur légèrement supérieure de la norme **JORA (1998)**. En revanche, le taux d'humidité 83,4% se situe dans la plage des normes acceptées (**Tab. 9**).

De même, la teneur en MS du fromage analysé (50,4%) répond aux exigences de la norme **JORA (1998)** et à celle citée par la législation française dans l'article (04) du décret n° 2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères. Ce dernier définit les fromages fondus comme suit : 40 gramme pour 100 gramme de produit fin (**JORF, 2007**). Encore, le taux d'humidité ne dépasse pas les 50% (**JORA, 1998**).

La matière sèche du produit est l'ensemble de ses constituants solides, sont la matière grasse, les protéines, les glucides, les minéraux (**Vignola, 2002**). En effet, la matière sèche offre au fromage les caractères réologiques du gel (**Lenoir et al., 1997**). Dans le même sens, **Mathlouthi et al., (1983)** ont confirmé qu'une teneur en eau dans le fromage (> 37%) peut entraîner une grande souplesse de la pâte fromagère. Pour obtenir des fromages à forte teneur en matière sèche, il convient de travailler le gel rapidement pour pouvoir appliquer les traitements physiques et l'égouttage avec le maximum d'efficacité (**Ramet, 1997**).

L'humidité finale est liée à différents facteurs comme le degré d'égouttage du caillé, la teneur en matière grasse du lait utilisé, la durée et les conditions d'affinage (**Fredot, 2009**). L'augmentation de la teneur d'humidité des fromages facilite le processus d'échange d'ions et conduit à une augmentation du coefficient de peptisation. De ce fait, il a été montré que plus les caséines sont hydratées, plus leur structure est ouverte, ce qui permet aux sels de fonte de pénétrer plus facilement des molécules de caséines et d'améliorer le phénomène de peptisation (**Dimitreli & Thomareis, 2005**).

Selon **Di caprino (2002)**, une aw "activity of water" élevée favorise le développement des bactéries contaminantes, il n'est donc pas souhaitable de rechercher des aw les plus élevées possibles pour des raisons de risques sanitaires. De même, les fromages fondus étant destinés à la conservation, il est souhaitable de réduire la teneur en eau afin de ralentir toute activité microbienne (**Ramet, 1997**). D'après **Choisy et al., (1997)**, l'abaissement de l'activité

de l'eau ralenti l'activité enzymatique, il augmente la durée de la phase de latence des micro-organismes et diminue sélectivement leur vitesse de croissance.

1.4. La matière grasse, l'extrait sec dégraissé, le rapport MG/MS :

En comparant la valeur de la MG obtenue de l'échantillon de yaourt analysé (2,8%), on constate qu'il correspond idéalement à l'intervalle de **JORA (1998)**. En ce qui concerne le fromage fondu, la teneur en MG (18%) ne s'accorde pas avec les normes rapportées par **AFNOR (1986)**. Cette dernière est inférieure par rapport à celle indiquée par **Richonnet (2016)** qui varie entre 21 à 22% et celle de **Oliveira et al., (2016)** qui indiquent une teneur égale ou supérieure à 23%. Selon le **Codex Alimentarius (2011)**, la marque "Cheezy" en tant que produit fini est un «Fromage partiellement écrémé» car sa teneur en MG se trouve dans l'intervalle (supérieure ou égale à 10% et inférieure à 25%).

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

La teneur en matière grasse est très importante pour la fabrication des produits laitiers, y compris le yaourt et le fromage fondu, sur le plan technologique et même sur le plan organoleptique. Celle-ci sert de transport des composés aromatiques liposolubles (développement de la qualité sensorielle ; saveur et arôme) et vitamines liposolubles (A, D, E et K). Elle joue un rôle essentiel dans la texture au produit fini et lui confère son caractère particulier (**Boussâa et al., 2010**). En effet, une étude de **Gelais & Collet (2002)** montre qu'il y a une incidence de la teneur en matière grasse sur la microstructure du fromage, et elle conclue que moins il y a le gras, plus la structure du fromage est rigide et ferme. Elle contribue aussi à prolonger sa durée de conservation.

D'après **Ito et al., 1976**, l'effet émulsifiant, exprimé par le rapport : matière grasse émulsifiante/matière protéique, est d'autant plus fort que le fromage matière première est jeune et que les phosphates utilisées comme sels de fonte sont d'un niveau de condensation élevé.

Il ressort du tableau 9, que le taux d'extrait sec dégraissé de yaourt et fromage fondu sont respectivement : 18,6% et 32,4%. Ce dernier est constitué principalement de matière protéique donc la détermination de ce paramètre nous renseigne sur le rapport gras/protéine.

Cependant, pour chaque marque, la pâte doit présenter un rapport caséine : gras précis pour donner un produit de qualité (**Vignola, 2002**). Globalement, l'ESD est un paramètre technologique plus qu'analytique.

La détermination de la MG et ESD du fromage fondu, nous a permis d'évaluer le rapport G/S. Quand au yaourt, il est égal à 22,43%, en revanche, l'échantillon fromage présente un rapport inférieur (35,71%) à celui de la norme **AFNOR (1986)** qui fixe une valeur de 40% au minimum. Nos résultats sont similaires à ceux indiqués par **Laribi et al., 2009** qui ont trouvés des ratios suivants : 27,53% pour fromage fondu "marque Cheezy" de Jijel, 34,93% celui de El-milia avec une moyenne de 31,25%, qui sont toujours inférieure à la valeur indiquée sur l'emballage (40%).

1.5. La teneur en eau dans le fromage dégraissée :

Selon le **Codex Alimentarius (2011)**, la marque "Cheezy" analysée lors de notre étude présente un taux de TEFD égal à 61,46%, ce qui montre qu'il est un «Fromage à pâte ferme/semi-dure non affiné/frais» et ce suivant à l'intervalle : 54 - 69%.

1.6. Les cendres totales :

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, c'est-à-dire par calcination de produit à une température contrôlée selon un protocole spécifique. Ce résidu contient des sels minéraux tels que le calcium, le phosphate, le sodium, ...etc.

Nos résultats montrent des taux de cendres allant jusqu'à 4,4% pour le yaourt et 4,8% pour le fromage fondu (**Tab. 9**). Celle du fromage est nettement supérieure par rapport à celle rapportées par **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.

D'après **Jakob et al. (2008)**, la substance minérale la plus importante dans les produits laitiers en générale, yaourt et fromage fondu en particulier, est le calcium. Ils sont une source intéressante de potassium, de zinc constituant ou activateur de nombreuses enzymes, d'iode et de sélénium. En revanche, ils sont pauvres en fer et en magnésium.

La composition en matière minérale de fromage dépend du type de fromage qui a été utilisé comme matière première (FAO/OMS, 1976). À titre d'exemple, les fromages type Cheddar, l'une des matières premières les plus utilisées, fait partir des laits enrichis en protéines contiennent plus de minéraux, et indirectement, plus cendres (Guinee *et al.*, 2004). En effet, le sodium joue un rôle prédominant dans la fabrication en favorisant la solubilité des caséinates lors de la fonte sous forme de caséinates de sodium (Eck, 1987).

1.7. Le Degré Brix et l'indice de réfraction :

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. Il est représenté par l'équation suivante : 1 degré Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) = 1g de saccharose/100g de solution. 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.

Nos résultats montrent des valeurs suivantes : $^{\circ}\text{B} = 1,8\%$ et $\text{IR} = 1,33$ pour le yaourt et $^{\circ}\text{B} = 2\%$ et $\text{IR} = 1,33$ pour le fromage fondu (Tab. 9). Il faut tenir en compte, aucune étude n'a été réalisée sur les échantillons analysés. Cependant, plusieurs travaux confirment que le degré Brix de yaourt peut être augmenté avec l'ajout des fruits. Ait Ouddoudi & Banoune (2018), ont trouvé que l'addition de fraise au yaourt nature à différents degrés Brix a augmenté celui de ce dernier jusqu'à 58%. Ce qui a assuré la stabilité des paramètres physico-chimiques et la microflore durant la durée de conservation (30 jours à 6°C).

2. Contrôle microbiologique :

Les contrôles microbiologiques auxquels sont soumis les produits laitiers, yaourt et fromage fondu, sont basés essentiellement sur la recherche des germes pathogènes ou potentiellement dangereux pour le consommateur et l'identification des germes qui peuvent être à l'origine des défauts de fabrication (Eck & Gillis, 2006). Les résultats des différentes analyses réalisées lors de notre étude sur le yaourt et le fromage fondu sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Analyses microbiologiques effectuées sur le yaourt et fromage fondu.

Les Germes	Yaourt ‘Soummam’		Formage fondu ‘Cheezy’	
	Valeurs (UFC/g)	Normes JORA (1998, 2000 et 2017)	Valeurs (UFC/g)	Normes JORA (1998, 2000 et 2017)
Coliformes (Totaux)	1,1 x 10 ³	10	1,4 x 10 ³	10 ²
Coliformes (Fécaux)	7,5 x 10 ¹	1	4,5 x 10 ²	10
<i>E. coli</i> (BCP et Hektöen)	positive	Abs	positive	Abs
<i>Salmonella</i> (BCP et Hektöen)	négative	Abs dans 25 g	négative	Abs
FTAM	3 x 10 ⁵	10 ²	4,8 x 10 ³	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	3 x 10 ⁵	10	6,8 x 10 ⁴	10 ²
Clustroduim sulfito-réducteurs	négative	1	négative	1
Levures	positive	<10 ²	négative	Abs
Moisissures	positive	Abs	négative	Abs

2.1. Coliformes totaux et fécaux :

Du tableau 10, il ressort que les coliformes totaux et thermo-tolérants sont présents dans les deux produits finis étudiés. Le calcul d'unité formant des colonies montre des valeurs qui dépassent les normes imposées par **JORA (1998 et 2017)**. Pour le yaourt sont respectivement : $N_{CT} = 1,1 \times 10^3$ contre 10 UFC/g et $N_{CF} = 7,5 \times 10^1$ contre 1 UFC/g. En revanche, le fromage fondu renferme $N_{CT} = 1,4 \times 10^3$ et $N_{CF} = 4,5 \times 10^2$ par rapport à 10² et 10 UFC/g.

Ces taux élevés pourraient être dues à la composition microbienne native du lait utilisé ou à des contaminations extérieures durant le processus de fabrication. La présence de cette flore dans le yaourt et le fromage fondu n'est pas un indice de contamination fécale seulement mais aussi d'un manque d'hygiène (**Vignola, 2002**), depuis la gestion du troupeau, jusqu'à la conservation du produit final, en passant par la traite et la transformation du lait (mains sales, au non potable, absence de désinfection des matériaux). Certains coliformes sont en effet, présents dans les résidus organiques humides rencontrés éventuellement au niveau de l'équipement laitier (**L'arpent, 1990**).

Selon **Richard et al., (1997)**, les coliformes peuvent provoquer lorsqu'elles sont en grand nombre dans le lait, des défauts d'aspect (gonflement, trous de 1 à quelques mm) et de goût et odeurs indésirables dans les fromages. Elles ont en commun la propriété de fermenter le lactose avec production d'acide, de gaz carbonique (CO₂) et surtout d'hydrogène (H₂) qui a une très faible solubilité dans le fromage, ce qui favorise le gonflement (**Berger et al., 1997**).

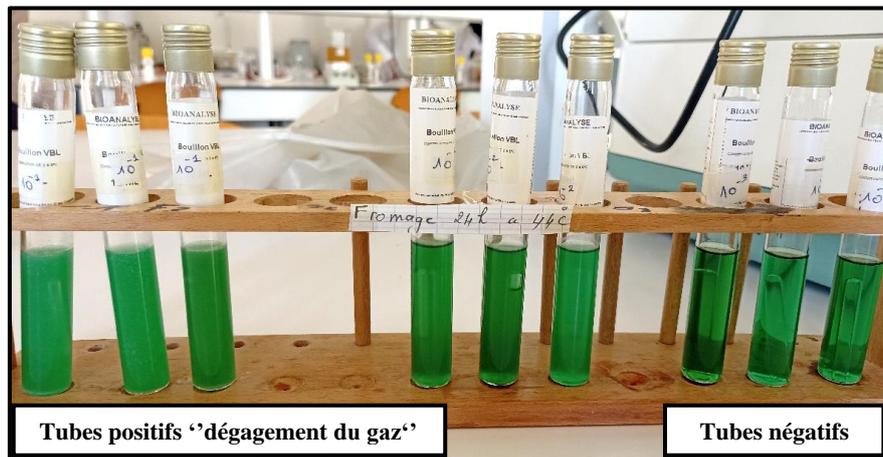


Figure 15. La recherche de coliformes totaux et fécaux dans le milieu BLBVB.

2.2. *E. coli* et *Salmonella* :

La recherche d'*E. coli* et la *Salmonella* a été effectuée sur milieu liquide «BLBVB», ensuite, l'incubation est faite à 37/44 °C pendant 24/48 h. Par la suite, un isolement sur milieu solide BCP a été réalisé afin de confirmer leur présence. L'incubation à 37°C pendant 24h a révélé l'absence des colonies *Salmonella* dans le yaourt et le fromage fondu, par contre *E. coli* est présente dans les deux produits analysés à la fois. Un autre test a été achevé à l'aide de gélose Hektöen, milieu sélectif et différentiel, dans les mêmes conditions pour confirmer les résultats obtenus. Ces derniers sont non conformes à la norme algérienne qui exige l'absence totale d'*E. coli* et la *Salmonella* dans le yaourt et fromages fondus **JORA (1998, 2000 et 2017)**.

E. coli qui est la principale bactérie associée à la détérioration des fromages et yaourts, elle provoque une fermentation anormale et un goût désagréable au produit final (**Castro et al., 2012**). Selon **Laslo & György (2018)**, *E. coli* représente un organisme indicateur d'hygiène dans la production de fromage reflétant la contamination fécale. En ce qui concerne les facteurs de virulence spécifique et les caractéristiques phénotypiques, les entérohémorragiques (EHEC), les *E. coli* entéropathogènes (EPEC)... etc., à l'échelle

mondiale, le sérotype *E. coli* O₁₅₇ H₇ est responsable d'épidémies de maladies d'origine alimentaire.

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.

En effet, la pasteurisation est suffisante pour tuer un nombre élevé d'*E. coli* et de Salmonelles. La contamination des produits pasteurisés est donc une contamination post-pasteurisation (**Letendeur, 1997**). La réduction de nombre de ce germe peut être obtenue par la réduction de la température et la baisse du pH ou bien le respect de l'hygiène personnelle et des processus d'assainissement (**Laslo & György, 2018**).



Figure 16. Présence d'*E. coli* sur la gélose de BCP.

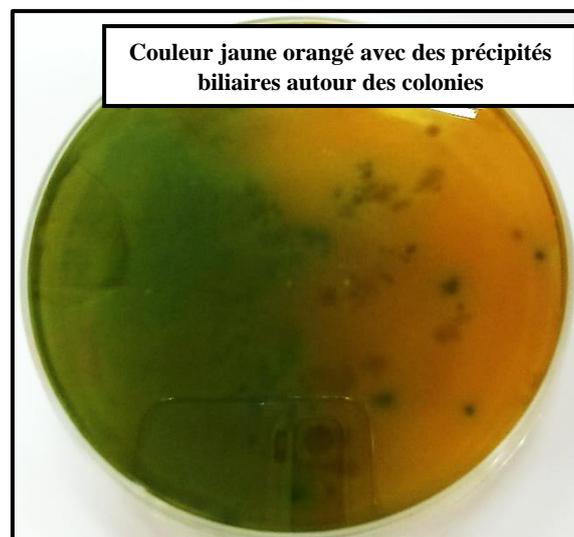


Figure 17. Présence d'*E. coli* sur la gélose de Hektöen.

2.3. La Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT) :

Les résultats montrent que le yaourt et le fromage fondu analysés lors de notre étude apparaissent très contaminés en ce qui concerne cette flore avec des valeurs supérieures aux normes, et qui sont de 3×10^5 UFC/g $4,8 \times 10^3$ UFC/g, respectivement. Concernant le fromage « Cheezy », nos résultats sont similaires à ceux de **Laribi et al., 2009** qui ont trouvé plus de 51×10^2 UFC/g.

Cette charge en micro-organismes correspond pour une large part à la population initiale des matières premières utilisées en fabrication (lait, pâtes fromagères,... etc.), aux conditions de fabrication ainsi qu'à l'âge des produits finis. D'autre côté, les altérations aux paramètres physico-chimiques telles que une augmentation de pH, d'humidité,... favorisent la prolifération de la plus part des levures, les moisissures et certaines bactéries. Ce qui rend le yaourt ou bien le fromage fondu un excellent milieu où tous les types de germes peuvent croître aisément.



Figure 18. La flore mésophile totale sur la gélose nutritive.

2.4. Les Staphylocoques :

Les résultats révèlent des nombres très élevés du *Staphylococcus aureus* dans le yaourt et le fromage fondu, ce qui ne conforme pas aux normes algériennes. 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 (Marinheiro *et al.*, 2015).

Selon Laslo & György (2018), les bactéries du genre *Staphylococcus* sont des producteurs d'enzymes protéolytiques dans les produits laitiers, mais aussi des bactéries potentiellement dangereuses pour la santé publique. Le *S. aureus* est un agent pathogène zoonotique qui cause différents maladies et infections.

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 NaCl jusqu'à 20% alors que la concentration en NaCl de la plupart des fromages est comprise entre 1,6 et 2,5 % (Letendeur *et al.*, 1997).

Le contrôle de *S. aureus* dans les fromages peut être effectué par des traitements à haut pression et elle peut être inhibé par la présence des bactéries lactiques tels que les bactéries du genre lactobacillus ces bactéries produire de l'acide lactique qui entraîne la diminution du pH de milieu qui va inhibe la multiplication du *S. aureus* (Facchin *et al.*, 2013). D'autre part, des souches des bactéries lactiques sont capables de produire du bactériocines qui empêche la croissance de *Staphylococcus* (Facchin *et al.*, 2013).



Figure 19. Les colonies de *Staphylococcus aureus* sur la gélose de Chapman.

2.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs :

Les résultats montrent l'absence totale des Clostridium sulfita-réducteurs dans les deux échantillons étudiés et sont donc en accord avec les normes.

Ces bactéries sont considérées comme responsables de dégradations et de modifications du goût et d'odeur des produits laitiers (Guiraud, 1998). Selon Cerf & Berger (1968), les Clostridium sulfita-réducteurs provoquent des défauts dans les fromages fondus et peuvent les rendre inconsommables. D'après Richard & Desmazeaud (1997), la flore butyrique provoque des gonflements tardifs des fromages, accompagnés de défauts de goût. L'agent responsable est *Clostridium tyrobutyricum*, un très faible nombre de spores de *Clostridium tyrobutyricum* dans le lait peut entraîner des défauts sérieux dans les fromages. Les Clostridium forment de l'acide butyrique et de larges volumes de gaz d'hydrogène en fermentant l'acide lactique. Ce gaz détruit complètement la texture du fromage (gonflement) (Kosikowski *et al.*, 1997).

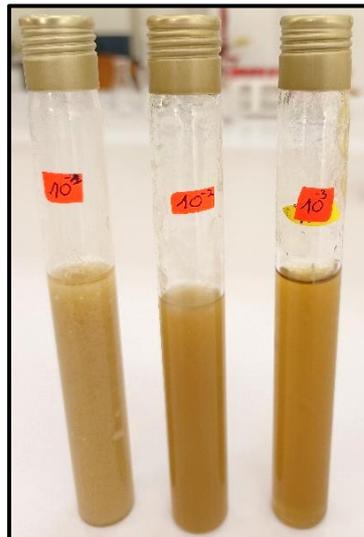


Figure 20. Absence des spores des Clustroduim sulfito-réducteurs dans Viande-Foie.

2.6. Les levures et les moisissures :

Quand aux levures et moisissures, ils sont omniprésents dans le yaourt ce qui est en contradiction aux normes. Néanmoins, aucune présence n'a été enregistrée dans le fromage fondu. Selon Choisy *et al.*, (1997), les levures et les moisissures peuvent parfaitement se développer dans les laits fermentés à des pH inférieurs à 5%. Ce qui explique nos résultats obtenus avec une valeur de pH égal à : 4,5% pour le yaourt et 6,23% pour le fromage fondu.

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

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

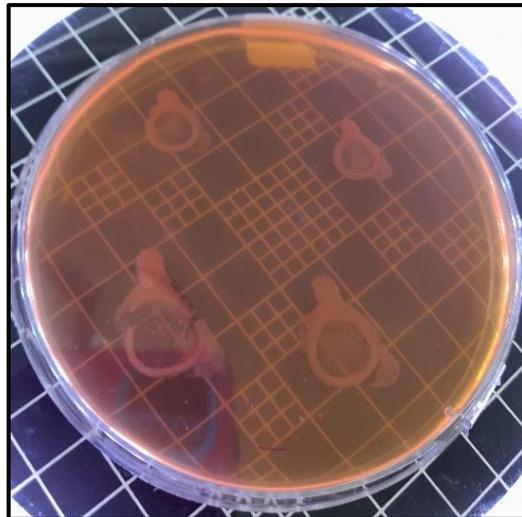


Figure 21. Recherche des levures et moisissures sur la gélose Sabouraud au chloramphénicol

Conclusion

&

Perspectives

Conclusion & Perspectives :

Ce modeste travail réalisé a porté sur la vérification de la conformité de deux dérivés laitiers en tant que produits finis. Il s'agit de : yaourt « Soummam » et fromage fondu « Cheezy » en raison de leur large consommation. La qualité physico-chimique et microbiologique ont été évalués dans le but de savoir l'état hygiénique et sanitaire de ces derniers.

D'une manière générale, la qualité physico-chimique des échantillons analysés est peu satisfaisante pour certains paramètres tels que : l'acidité titrable, l'extrait sec total et le taux d'humidité du yaourt et le pH, la teneur en matière grasse et le rapport MG/MS du fromage fondu.

L'appréciation de la qualité microbiologique par les différentes analyses effectuées nous a révélé une contamination importante et variable qui dépasse largement les normes algériennes. La recherche et le dénombrement microbien montrent une charge élevée en germes qui sont potentiellement considérés comme pathogènes pour l'homme, tels que : les coliformes totaux et thermo-tolérants (indication de la contamination fécale), *E. coli*, *S. aureus* et également de la flore aérobie mésophile totale. Quant aux levures et moisissures, ils sont omniprésents dans le yaourt et non au fromage fondu. D'autre part, nous avons enregistré une absence totale de bactérie *Clustrodim sulfito-réducteurs* dans les deux produits.

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.
- Le respect des règles générales d'asepsie lors de la manipulation de ces produits.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- Achezegag F. Z., Zerarka F., et Merided F., 2008.** Analyse microbiologiques produits laitiers (Le yaourt). Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'étude supérieur en biologie. Université Ouargla, 48 PP.
- Adam M. R., et Mass M. O., 1999.** Food microbiology. 2nd Edition, Royal Society of Chemistry.
- AFNOR., 1986.** Recueil des normes françaises "Contrôle de la qualité des produits laitiers".
- AFNOR., 1999.** Lait Et Produit Laitiers. Volume 1. 5^{ème} Edition. Paris, Pp117-341.
- AFSSA., 2000.** Rapport du groupe de travail "alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments". AFSSA, 19 novembre 2000.
http://www.afssa.fr/ftp/basdoc/Rapprt_Alimentation_animal.pdf
- AFSSA., 2009.** Risques liés à la présence de moisissures et levures dans les eaux conditionnées, agence française de sécurité sanitaire des aliments, p 54.
- Ait Ouddoudi A., et Banoune M., 2018.** Effet des fruits additionnés au yaourt sur la flore lactique et les paramètres physico-chimiques au cours de la conservation. Mémoire de Master. Université A. Mira – Béjaia. 66 p.
- Amiot J., Fournier S., Lefbeuf Y., Paquin P., et Simpson R., 2002.** Composition, propriétés physico-chimiques. Valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. IN : Science et technologie du lait (Vignola C. L), 2^{ème} Edition, Lavoisier, Paris, France.
- Analie L. H. et Viljoen B. C., 2001.** Review : Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11, 1-17.
- Arthur R., Prashanti Kethireddipalli, 2011.** Dairy Products: Cheese and Yogurt. Department of Food Science, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. p 337-339.
- Atlan D., Béal C., Champonier-Vergès M. C., Chapot-Chartier M. P., Chouayekh H., Coccagn- Bousquet M., Deghorain M., C et al., 2008.** Métabolisme et ingénierie métabolique. In : Bactéries lactiques de la génétique aux ferments (Corrieu G. et Luquet F.M.). Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France.

- Axelsson L., 1998.** « Lactic acid bacteria : classification and physiology » Lactic Acid Bacteria : Microbiology and Functional Aspects. 2nd Edition, Marcel Dekker, New York, USA.
- Azzeddine H., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité d'un fromage traditionnel de l'Est.
- Bachtarzi N., Amourache L., et Dehkal G., 2015.** Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert dans une laiterie de Constantine (Est Algérien). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol.17 No.1, pp. 34-42.
- Béal C., Marin M., Fontaine E., Fonseca F., et Oberth J. P., 2008.** Production et conservation des ferments lactiques et pro biotiques. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France.
- Béal C., Skokanova J., Latrille E., Martin N., and Corrieu G., 1999.** Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. *Journal of Dairy Science*. 82, 673-681.
- Beguiria C., 1999.** Process for the manufacture of cheese Product by processing of a cheese raw material. *Eur. Pat. Appl.* FR2 750 015 A1.
- Benaissa A., Babelhadj B., Zahari N., Khouildi H., et Babelhadj T., 2016.** Contribution à l'étude de quelques critères physicochimiques de l'eau vendue en citernes dans la Wilaya d'Ouargla. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 3(2). p : 351-359.
- Berger et al., 1989.** La fabrication du fromage fondu. Edition BK Laden burg, 233p.
- Berger J. L., et Lenoir J., 1997.** Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages. In: *Le fromage. Tee et Doc. Lavoisier*, 526, 527.
- Blond G., Haury E., et Lorient D., 1988.** Interactions lipides-protéines dans le fromage fondu en pétrin et en cuisier-extruder. Influence des conditions de fabrication. *Sci. Alim.*, vol. 8,p. 325-340.
- Bornarel P., Boulbaya N., Hugué P., et Gaou K., 1996.** État de la situation sanitaire des produits laitiers comircialisés dans la zone périurbain de N'Djaména. *FAO Corporate Document Repository*, 1 - 6.

- Boudjir I. et Zehar S., 2019.** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de brebis. Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi-Bordj Bou Arreridj. P 33.
- Bourgeois C. et Leveau J., 1980.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires, Technique & documentation.
- Bourgeois C. M. et Levreau J. Y., 1990.** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agro-alimentaire, 2^{ème} éd, Lavoisier, Paris.
- Boussâa A., Bouchlaghem H. et Rahali A., 2010.** Contrôle physico-chimique et microbiologique du fromage fondu en bloc. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Jijel. 97pp.
- Boutonnier J. I., 2000.** Fabrication du fromage fondu, Technique de l'ingénieur.
- Boutonnier J. L., 2002.** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.
- Carić M. and Kaláb M., 1999.** Processed cheese products. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Fox P. F (Ed.), Aspen Publishers, Inc., pp. 467-505.
- Castro A. C. S., Pinto Júnior W. R., Tapia D. M. T. & Cardoso L. G. V., 2012.** Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de queijos do tipo mussarela comercializados no cease de vitória da conquista-ba. *Alim-Nutr Araraquara*. 23(3):407-413.
- Chambre M. et Daurelles J., 1997.** Le fromage fondu. **In: Eck A, Gillis.** Le fromage. Ed. Lavoisier, p. 691-708.
- Chosy C., Desmazeaud M., Gripon J-C., Lambert G., et Lenoir J., 1997.** La biochimie de l'affinage. In : le fromage. Tee ET Doc. Lavoisier, p8.
- Cidil et Inra., 2009.** Du lait aux produits laitiers. Paris, France : Cidil. p : 19.
- Clark S. and Plotka V. C., 2004.** Yoghurt and sour cream : operational procedures and processing equipment. In: Handbook of food and beverage fermentation technology (Taylor C.R.C. ET Francis G.,) New York, USA.
- Codex Alimentarius, 2011.** Lait et produits laitiers. Deuxième édition. ISSN : 1020-2560.

- Codex Alimentarius, 2016.** Projet d normes générale. Rome.
- Dave R. I. and Shah N. P., 1998.** Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 81, 2804-2816.
- Delarras C., et Trébaol B., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyses, Tec & Doc.
- Donkor O. N., Henriksson A., Vasiljevic T. et Shah N. P., 2006.** Effect of acidification on the activity of probiotics in yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*, 16, 1181-1189.
- Eck A. 1987.** Le fromage. Technique documentation. 2^{ème} Ed .Lavoisier. Paris. P : 13, 17, 137,138. 529.
- Eck A. et Gillis J. C., 2006.** Le Fromage de la science a l'assurance qualité, fromage fondu. Tec et doc. Ed : Lavoisier. 3^{ème} Edition Paris. Pp : 635-765.
- Eck A., Guillis J. C. 1997.** Le fromage. Paris : Technique et documentation Lavoisier.
- ERDF., 2021.** Produits laitiers : Marché européen, tendances de consommation et innovation. AHFES project the Atlantic Area Programme, under the subsidy contract EAPA_1071_/2018 AHFES. In: www.ahfesproject.com.
- Facchin S., Barbosa A. C., Carmo L. S., Silva M. C. C., Oliveira A. L., Maruis P. B. ;and Rosa C. A., 2013.** Yeast and hygienic-sanitary microbial indicators in water buffalo mozzarella produced and commercialized in Minas. Gerais, Brazil. *Brazillian Journal of Microbiology* 44(3) :701- 707.
- FAO., 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Amazon, Rome, Italie.
- FAO/OMS., 1976.** Comité mixte FAO/OMS d'expert gouvernemental sur le code de principes concernant le lait et poduits laitiers. Rapport de la 18^{ème} Session, 13-18 Septembre. Rome, 28- 30.
- Fox P. F., 2000.** Cheese chemistry, physics and microbiology. Maryland: Aspen publishers, Inc. P 469.
- Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., and Mcsweeney P. L. H., 2000.** Fundamentals of cheese science. *Maryland: Aspen Publishers Inc.* p. 429–451.

- Frohlich M. T., Butikofor U., Guggisberg D., et Wechsler D., 2007.** Fromage à raclette : moins de calcium pour meilleur aptitude à la fonte. *Revue Suisse Agric* : 39, 153,154.
- Gafaar A. M., 1992.** Volatile flavour compounds of yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 87-91..
- Gelais D. et Collet T., 2002.** Science et technologie du lait ; transformation du lait. Ecole polytechnique du Montréal, 30-354.
- Grappin R. et Branger A., 1997.** Contrôles chimiques et microbiologiques. In: Le fromage. In: Le fromage .*Tee et Doc. Lavoisier*,835, 842.
- Guinee T. P., Cari M. and Kalab M., 2004.** Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, 2, 349-394.
- Guiraud J. P., 1998.** Microbiologie alimentaire. Edition: DUNOD. Paris, France. 615p.
- Gürsoy A., Durlu-Özkaya F., Yildiz F. and Aslim B., 2010.** Set Type Yoghurt Production by Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of *Streptococcus thermophilus* (W22) and *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* (B3). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, 81-86.
- Hamama A., 1989.** Qualité bactériologique des fromages frais marocains. *Option méditerranéennessérie séminaires*, n°6 :225.
- Haque A., Richarson R. K. and Morris E. R., 2001.** Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocoloids*, 15, 593-602.
- Hencké S., 2000.** Utilisation alimentaire des levures. Thèse de doctorat. Université Henri Poincare - Nancy I. I. France. P : 130, Pp : 1-12-13.
- Henning D., Baer R., Hassan A. et Dave R., 2006 :** Progrès majeurs dans les produits laitiers concentrés et secs, le fromage et les pâtes à tartiner à base de matières grasses. *Jo DairySci.* 89 (4): 1179-1188.
- Isabelle T., 2002.** Filières laitières en Afrique et points critiques pour la maîtrise des laits et produits laitiers, diplôme d'études supérieures, Université Montpellier, p7.

- ISO 6888-1., 2008.** Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces).
- Ito T., Okanachi Y., Muguruma Y., 1976.** *J.Fac.Agr. Kyushuuniv*, 20, 79,85.
- Iyer R., Tomar S. K., Maheswaria T. U. and Singha R., 2010.** *Streptococcus thermophilus* strains; Multifunctional lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 20, 133-141.
- J.O.R.A, 1998.** Spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. N°35.
- J.O.R.A, 2014.** Méthode de détermination de la teneur totale en matière sèche des fromages et des fromages fondus. N° 25.
- J.O.R.A, 2015.** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.
- J.O.R.A, 2017.** Arrêté du 20 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des laits et des produits laitiers. N°74.
- Jakob E., Schmid A., Walther B., Wechsler D., et Wehrmuller K., 2008.** Le fromage, un aliment précieux. *ALP forum*, n°66 :7.
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brulé G., 2008.** Les produits laitiers. 2^{ème} Edition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France.
- Jeantet R., Croguennee T., Schuck P et Brulé G., 2007.** Science des aliments, *Technologie des produits alimentaires*. Vol 2, Tec et Doc.
- Joffin C., Joffin J. N., 2003.** Microbiologie alimentaire, Edition : Canopé -CRDP, Bordeaux, France (5^{ème} édition), 213p.
- Kapoor R. R., Metzger L. E., 2008.** Process cheese: scientific and technological aspects - a review. *Comprehrsive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7: 194-214.
- Kiemptore I. H. A., 2013.** Evolution de la qualité d'un yaourt industriel produit localement et commercialisé sur le marché d'Ouagadougou (Burkina Faso). Mémoire de master. L'École Inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV) de Dakar. Ouagadougou (Burkina Faso). 42pp.

- Kosikowski F.V., and Mistry V.V., 1997.** Cheese and Fermented Milk Food: origins and principles. Volumel. *Westpart*, 3-7.
- Lakhal S., 2005.** Etude du système HACCP au cours de la fabrication du lait pasteurisé conditionné afin de maîtriser la qualité microbiologique. Cas de la laiterie fromagerie Boudouaou. Mémoire d'ingénieur d'état, institut national agronomique, El Harrach, Alger, 125p.
- Lamontagne M., 2002.** Produits laitiers fermentés : In Science et technologie du lait, transformation du lait (Vignola C. L.). 2 Lavoisier, Paris, France.
- Lari bi S., Lefouili N., Messahel W., 2009.** Quarté microbiofologique, physicochimique et organoleptique des fromages fondus. Diplôme d'ingénieur d 'Etat : En Biologie. Université de Jijel. 93PP.
- Larpent J. P., 1990.** Lait et produits laitiers non fermentés. In : Microbiologie alimentaire. *Tee et Doc. Lavoisier*, Paris, p278.
- Larpent., 2013.** Microbiologie alimentaire techniques de laboratoire. Lavoisier Paris Editions TEC & DOC. P: 338.
- Laslo É. and Gryörgy É., 2018.** Evaluation of microbiological quality of some dairy products. *Alimentaria*. 11:27-44.
- Lee W. J. and Lucey J. A., 2010.** Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animals Sciences*, 23, 1127-1136.
- Lenoir J., Remeuf F., et Schneid N., 1997.** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In : Le fromage. Tee et Doc. Lavoisier, 231.
- Loones A., 1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques. Vol 2. (De Roissart, H. et Luquet, F. M.), Lorica, Paris, France.
- Lucey J. A., 2004.** Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 77- 84.
- Luquet F. M. et Corrieu G., 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France.

- Luquet F. M., 1985.** Laits et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laiterie. Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire. Edition : Technologie et documentation- Lavoisier. Paris, 139p.
- Luquet F. M., 1990.** Laits et produits laitiers : technologie et transformation : tome 2, Tec et Doc : Lavoisier-Paris.
- Mafart P., Couvert O. and Leguerinel I., 2001.** Sterilized processed cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 63, p. 51–56.
- Mahaut M., Jeantet R. et Brulé G., 2003.** Initiation à la technologie fromagère. Paris, Lavoisier, Technique Et Documentation, Lavoisier, France ; Pp 24-102.
- Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. et Schuck P., 2000.** Les produits Industriels laitiers. Tec et Doc, Lavoisier, Paris. France.
- Marinheiro M. F., Ghizzil G., Cereser U. D., De Lima H. G. & Timm C. D., 2015.** Qualidade microbiológica de queijo mussarella empeça e fatiado. *Ciência-Agrárias- Londrina* 36(3) :1329-1334.
- Marty-Teyesset C., De la Torre F. and Garel J-R., 2000.** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbruekii spp bugarius* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 262-267.
- Mathbouthi M., Maspzyk P., Michel J. F. et Seuvrea M., 1983.** Maturation des fromages à pâte pressée cuite de type Emmental. *Edition A.P.R.IA*, Paris, 128, 130,131.
- Méheust D., 2012.** Exposition aux moisissures en environnement intérieur : Méthodes de mesure et impacts sur la santé. Thèse de doctorat. Université de Rennes 1. France. P : 175.Pp :19).
- Mihail A., Georgi K., Emilina S., DoraB. and Petia K. H., 2009.** Proto- cooperation factors in yogurt starter cultures. *Revue de Génie Industriel*. 3,4-11.
- Mohammeed H. A., Abu-Jdayil B. and Al- Shawabkeh A., 2004.** Effect of solid concentration on the rheological properties of Labneh (concentrated yoghurt) produced from sheep milk. *Journal of Food Engineering*, 61, 347- 352.

- Mokri N., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait cru provenant de trois centres de collecte à la réception de la laiterie Danone Djurdjura Algérie. Diplôme d'Ingénieur en Génie Biologique. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa. 70pp.
- Narayanan N., Roychoudhury P. and Srivastava A., 2004.** L (+) lactic acid fermentation and its product polymerisation. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2, 167-179.
- Oliveira H. R., Tomás D., Silva M., Lopes S., Viegas W. and Veloso M. M., 2016.** Genetic Diversity and Population Structure in *Vicia faba* L. Landraces and Wild Related Species Assessed by Nuclear SSRs. *PLoS ONE*. 11(5): e0154801. doi:10.1371/journal.pone.0154801.
- 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 Références bibliographiques of sources, routes, fate during processing and control. *Trends Food Sci Tech*, 57, 11-19. Doi: 10.1016/J.Tifs.2016.09.008.
- Olivera M., Caric M., Bozanic R. & Tratnik L., 1996.** The influence of whey protein concentrates on the viscosity of yogurt, acidophilus and acidophilus yogurt. *Mljekarstvo*, p46.
- OCDE/FAO., 2019.** Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2019-2028. *Anoual*. ISSN : 19991150.
- Ott A., Germond J. E. and Chaintreau A., 2000.** Origin of acetaldehyde during milk fermentation using ¹³C-labeled precursors. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 1512-1517.
- Özer B. and Atasoy F., 2002.** Effects of addition of amino acids, treatment with B-galactosidase and use of heat-shocked cultures on the acetaldehyde level in yoghurt. *International Journal Dairy Technology*, 55, 166-170.
- Özer B. H., Robinson R. K., Grandison A. S. and Bell A. E., 1998.** Gelation properties of milk concentrated by different techniques. *International Dairy Journal*, 8, 793-799.
- Paci Kora Enkelejda., 2004.** Physico-chemical and sensory interactions in stirred and flavoured yoghurt: What are the respective impacts on the perception of texture and flavor?. Doctoral thesis. National Agricultural Institute. Paris-grignon, 205p.

- Panesar P. S., Kennedy J. F., Gandhi D. N. and Bunko K., 2007.** Bio utilization of whey for lactic acid production. *Food chemistry*, 105, 1-14.
- Parente E. and Cogan T. M., 2004.** Starter cultures : general aspects : In Cheese : Chemistry, physics and microbiology (Fox P. F., Sweeney P. L. H., Cogan T. M. et Guinee T. P.), Elsevier Academic Press, San Diego, USA. Paris, 128, 130,131.
- Patart J.P., 1987.** Les fromages fondus. In : Le fromage. *Tee et Doc. Lavoisier*, 393,396.
- Porcher C., 1929.** La méthode synthétique dans l'étude du lait le lait au point de vue colloïdal recherches sur le mécanisme de l'action de la pressure (Suite). *Le lait*, 9(86): p. 572- 612.
- Ramet J. P., 1997.** Technologie comparée des différents types de caillé. IN: Le fromage. *Tee et Doc. Lavoisier*, 335,346.
- Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux : techniques et aspects réglementaires. Scérèn CRDP Aquitaine, Bordeaux. 358p.
- Richard J. et 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.
- Roginski H., Fuquay J. W. and Fox P. F., 2003.** Encyclopedia of dairy sciences.
- Romain A., Chloé C., Lucie C., Chloé D., Serge G., Joseph G. et Juliette T., 2015.** Approche pédagogique du rôle des micro-organismes dans l'alimentation, Université de Lorraine, p8.
- Rousseau M., 2005.** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages.
- Roussel Y., Pebay M., Guedon G., Simonet J. P. and Decarism B., 1994.** Physical and genetic map of *Streptococcus thermophilus* A054. *Journal of Bacteriology*, 176, 7413-7422.
- Roustel S. et Boutonnier J. L., 2015.** Fromage fondu : Technologie de fabrication et contrôle qualité. *Techniques de l'ingénieur*, F6311 : 1: 1-19.
- Ryan M. P., O'Dwyer J. and Adley C. C., 2017.** Evaluation of the complex nomenclature of the clinically and veterinary significant pathogen *Salmonella*. *Bio Med research international*. (2017), 1-6.

- Schorsch C., Wilkins D. K., Jones M. J. and Norton I. T., 2001.** Gelation of casein whey mixtures: effect of heating whey proteins alone or in the presence of casein micelles. *Journal of Dairy Research*, 68, 471-481.
- Serra M., Trujillo A. J., Guamis B. and Ferragut V., 2009.** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization treated milk. *Food Hydrocolloids*, 23, 82-91.
- Shah N. P., 2003.** Yogurt: The product and its manufacture. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, Vol. 10, 2nd Edition (Caballero B, Trugo L. C. et Finglas P. M.), Academic Press, London, England.
- Shakeel Hanif M., Zahoor T., Iqbal Z., Ihsan-ul-Haq R. and Arif A. M., 2012.** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22, 61-70.
- Sodini C. et Béal I., 2008.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés.
- Sondi I., Remenf F., Haddad S. and Corrieu G., 2004.** The relative effect of milk base, starter and process on yogurt texture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44,113-137.
- Spinnler H.E., Guichard. E. et Gripon J.C., 1997.** La flaveur des fromages .IN: Le fromage. *Tee et Doc.Lavoisier*, 496.
- Sugrue I., Tobin C., Ross R. P., Stanton C. and Hill C., 2019.** Foodborne Pathogens and Zoonotic Diseases. In: Raw Milk. *Elsevier*, 259-272.
- Sun W. and Griffiths M. W., 2000.** Survival of bifid bacteria in yogurt and simulated gastric juice following immobilization in gellan-xanthan beads. *International Journal of Food Microbiology*, 61, 17-25.
- Tamime A. Y. and Deeth H. C., 1980.** Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43, 12, 939-977.
- Tamime A.Y. and Robinson R.K., 1999.** Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge: woodhead Publishing.
- Tatsumi K, Nishiya T, Ido K, and Kawanishi G, 1991.** Effects of heat treatment on the meltability of processed cheese. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* vol. 38, p. 102–106.

- Tatsumi K., Nishiya T., Yamamoto H., Ido K., Hanawa N., Itoh K. and Tamaki K., 1989.** Functional properties of cheese cooked without emulsifying salts in a twins crew extruder. *Reports of Research Laboratory, Snow Brand Milk Products Co.*, n. 88, p. 73–90.
- Thevenard B., 2011.** Implication des systèmes à deux composants dans les réponses de *Streptococcus thermophilus* des changements environnementaux, dont la coculture avec *Lactobacillus bulgaricus*. Thèse De doctorat, 132p.
- Usda commodity requirements, 2007.** PCD5 Pasteurized process American cheese for use in domestique programs, 9 p.
- Uzoigwe Nnenna E., Nwufu Chinyere R., Nwankwo Chibuzo S., Ibe Sally N., Amadi Chinasa O. and Udujih Obinna G., 2021.** Assessment of bacterial contamination of beef in slaughterhouses in Owerri zone, Imo state, Nigeria. *Scientific African*, 12: e00769.
- Vaillancourt K., Bedard N., Bart C., Robitaille M. T. G., Turgeon N. and Frenette M., 2008.** Role of galK and galM in galactose metabolism by *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 1264-1267.
- Veisseyre, R., 1975.** Technologie du lait. Editions la Maison Rustique, Paris.
- Vierling E., 2008.** Aliments et boissons : filières et produits, 3^{ème} Edition, Doin Welters Kluwer, France.
- Vignola C. L., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Ecole polytechnique de Montréal. ISBN. 600 P (28-30).
- Vignola C. L., 2002.** Science et Technologie du lait. Edition Ecole polytechnique de Montréal, 75.
- Walstra P., Woulters J. T. M. and Geurts T. J., 2006.** Milk components. In: Dairy science and Technology (Taylor C.R.C. et Francis G.), Florida, USA.
- Warburton D. W., Peterkin P. I. and Weiss K. F., 1986.** A survey of then microbiological quality of processed cheese products. *Journal of Food Protein*, vol. 49, p. 229–230.
- Zehren V. L. and Nusbaum D. D., 1992.** Process Cheese. Cheese Reporter Publishing Company, Inc., Madison.

Zuber F., Megard D. and Cheftel J.C., 1987. Continuous emulsification and gelation of dairy ingredients by HTST extrusion cooking, production of processed cheeses. *Int. J. Food Sci. Technol.* vol. 22, p. 607–626.

Résumés

Résumé :

Le contrôle de la qualité est l'ensemble des ressources et des techniques mises en œuvre pour garantir au moyen de l'examen des denrées agroalimentaires ou du contrôle des matières premières, procédés de fabrication et systèmes de distribution, que les aliments sont conformes aux normes spécifiques.

Dans cette optique que nous avons voulu évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de deux dérivés laitiers en tant que produits finis. Il s'agit de yaourt "Soummam" et fromage fondu "Cheezy", qui sont largement commercialisés dans le marché national et également au niveau de la wilaya de Guelma.

Les résultats relatifs au contrôle physico-chimique ont montré que ces derniers sont de qualité peu satisfaisante pour certains paramètres tels que : l'acidité titrable, l'extrait sec total et le taux d'humidité du yaourt et le pH, avec une teneur en matière grasse et minérale généralement faible dans le fromage fondu. D'une manière générale, nous avons noté une déficience par rapport aux normes appliquées ce qui affecte profondément la qualité nutritionnelle de ces produits.

Sur le plan microbiologique, les résultats montrent la présence des coliformes totaux et fécaux, de la flore mésophile aérobie totale, des staphylocoques en valeurs exagérées dans les produits analysés. La présence d'*E coli* a été enregistrée dans les deux produits et ce n'est pas le cas pour *Salmonella* et *Clostridium* sulfito-réducteurs. Quant aux levures et moisissures, sont omniprésents dans le yaourt et complètement absents dans le fromage fondu.

Mots clés : Fromage fondu, yaourt, produits finis, contrôle, qualité physico-chimique, qualité microbiologique.

Abstract :

Quality control is all the resources and techniques implemented to ensure the review of agri-food or commodity control, manufacturing processes and distribution systems, which foods are in line with specific standards.

With this in mind that we wanted to assess the physico-chemical and microbiological quality of two dairy derivatives as finished products. It is about “Soummam” yogurt and “Cheezy” melted cheese, which are widely sold in the national market and at the level of Wilaya of Guelma.

The results relating to physico-chemical control have shown that they are of little satisfactory quality for certain parameters such as : the titular acidity, the total dry extract and the moisture content of yoghurt and the pH, with a general and mineral content generally low in the melted cheese. In general, we noted a deficiency from the standards applied which profoundly affects the nutritional quality of these products.

On the microbiological level, the results show the presence of total and faecal coliforms, the total aerobic flora, *Staphylococci* in exaggerated values in the products analyzed. The presence of *E. coli* has been recorded in both products and this is not the case for *Salmonella* and Clostridium sulfito-reducing. As for yeasts and molds, are omnipresents in yogurt and completely absent in melted cheese.

Key words : melted cheese, yoghurt, finished products, control, physico-chemical quality, microbiological quality.

ملخص :

مراقبة الجودة هي جميع الموارد والتقنيات المطبقة لضمان مراجعة الأغذية الزراعية أو التحكم في السلع، وعمليات التصنيع وأنظمة التوزيع، والتي تتوافق الأطعمة مع معايير محددة.

مع وضع ذلك في الاعتبار قمنا بتقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لصنفين من مشتقات الألبان كمنتجات نهائية. وهما: الزبادي "صومام" والجبن الذائب "تشيزي"، والتي يتم تسويقها على نطاق واسع في السوق الوطنية وأيضاً على مستوى ولاية قالمة.

أظهرت النتائج المتعلقة بالتحكم الفيزيوكيميائي أنها ذات جودة غير مرضية نوعاً ما لبعض المؤشرات مثل: الحموضة القابلة للمعايرة، والمستخلص الجاف الكلي ومحتوى الرطوبة في الزبادي، ودرجة الحموضة، مع محتوى منخفض من الدهون والمعادن بشكل عام في الجبن الذائب. لاحظنا وجود نقص فيما يتعلق بالمعايير المطبقة، مما يؤثر بشكل كبير على الجودة الغذائية لهذه المنتجات.

على المستوى الميكروبيولوجي، أظهرت النتائج وجود القولونيات الكلية والبرازية، والمستنبتات الهوائية الكلية، والمكورات العنقودية الذهبية في بقيم مبالغ فيها في المنتجات التي تم تحليلها.

تم تسجيل وجود البكتيريا الإشريكية القولونية في كلا المنتجين، وهذا ليس هو الحال بالنسبة للسالمونيلا والكلوستريديوم. أما بالنسبة للخمائر والقوالب، فهي موجودة في الزبادي وغائبة تماماً في الجبن الذائب.

الكلمات المفتاحية : الجبن الذائب، الزبادي، المنتجات النهائية، التحكم، الجودة الفيزيوكيميائية، الجودة الميكروبيولوجية.

Annexes

Annexe 01 : Les compositions des milieux de culture

Milieux :	Composition :
TSE	Tryptone 1 g NaOH 8,5g Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.
VRBL	Peptone..... 10 g Lactose..... 10 g Bile de bœuf déshydratée..... 20 g Vert brillant..... 0, 0133g Eau distillée..... 1000 ml
Gélose nutritive	Extrait de viande..... 1g Extrait de levure..... 3g Peptone..... 5g NaCl..... 5g Glucose..... 10g Agar..... 15g Eau distillée..... 1000ml pH = 7,4
Gélose Chapman	Peptone..... 10 g Extrait de levure..... 1 g Na Cl..... 75 g Mannitol..... 10 g Rouge de phénol..... 25 g Gélose..... 15 g Eau distillé..... 1000 ml Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.
Gélose Hectoen	Protéase - peptone..... 12 g Extrait de levure 3 g Chlorure de sodium..... 5 g Thiosulfate de sodium 5 g Sels biliaire 9 g Citrate de fer ammoniacal..... 0,5 g Salicine 2 g Lactose 12 g Saccharose..... 12 g Bleu de bromothymol..... 65mg Fuchsine acide 40 mg Agar Agar bactériologique 13,5 g PH : 7,6 ± 0,2
Viande de foie	Viande de foie..... 30 g/l Glucose..... 2 g/l Agar..... 6 g/l L'eau distillée..... 1L pH = 7,4
Gélose Sabouraud	Peptone persique de viande 10 g/l Glucose..... 20 g/l chloramphénicol 0,5 g/l Agar agar bactériologique..... 15g/l

	Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes. Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $5,7 \pm 0,2$
Milieu B.C.P.L à simple concentration (S/C)	Extrait de viande de bœuf..... 3 g Peptone..... 5 g Lactose..... 5 g Pourpre de bromocrésol..... 0, 025 g Eau distillée..... 1000 g Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Annexe 02 : Préparation des solutions pour les analyses physico-chimiques

1. Préparation de la phénophtaléine :

- Phénophtaléine 1 g
- Alcool 95% 120 ml
- L'eau distillée 80 ml
- NaOH(0,1N) quantité de titrage

2. Préparation de la solution NaOH (0,1N) :

- NaOH 1 g
- L'eau distillée 250 ml

Annexes 03 : Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques



Centrifugeuse



Agitateur magnétique



Four Pasteur



Capsule



Bain Marie



Butyromètre



pH-mètre



Réfractomètre



Dessiccateur



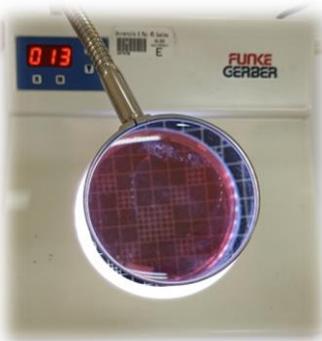
Burette



Etuve



Balance



Compteur de colonies



Les flacons



Bec bunsen