



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie appliquée

قسم : بиология التطبيقية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : biotechnologies

Spécialité : biotechnologie et contrôle de qualité

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Fabrication et contrôle de qualité du fromage fondu et du beurre pasteurisé
au sein de l'industrie « Numidia »**

Présenté par : Mennana Roudeina

Le :24 /06/2024

Jury d'évaluation :

Président : GHERBOUJ Ouissam (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Dr. MADI Aicha (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examinateur(s) : GHORRI Sana (MCA- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Année universitaire2024 – 2025

Remerciement

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à ma famille, qui a toujours été présente à chaque étape de mon parcours.

Merci à mes parents pour leur amour inconditionnel, leur patience et leur confiance en moi, Leur soutien moral et matériel a été une source essentielle de force et de motivation.

À ma sœur Nada, merci pour ton encouragement, ton écoute et tes mots réconfortants dans les moments de doute.

Je souhaite également remercier du fond du cœur un ami à moi pour sa présence, son écoute et son soutien tout au long de cette période.

À mes chères amies, merci d'avoir été là, dans les moments de doute comme dans les instants de joie.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Docteur “ Madi Aïcha” mon encadrante de mémoire, pour son accompagnement, ses conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à toute l'équipe de l'industrie Numidia, pour son accueil chaleureux, sa collaboration et les riches échanges professionnels dont j'ai pu bénéficier.

En conclusion, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers toutes les personnes ayant contribué, de manière directe ou indirecte, à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes parents « riad » et « khadidja » pour leur amour, leur patience et leur soutien.

A ma « khwila », ma source de joie.

A ma sœur « nada ».

A mes chères amis « mimi, ranou, nour, joujana, mika »

A ma grande famille « mama ezziza, mes tantes et mes oncles ».

A mes deux collègues pour leurs encouragements et leurs écoutes.

A toutes celles et ceux qui ont cru en moi de près ou de loin.

Sommaire

Liste des abréviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Partie bibliographique

Chapitre I : Assurance et contrôle de la qualité

Introduction	13
I. Généralités	5
1. Définition de la qualité	5
2. Composantes de la qualité	5
3. Assurance de la qualité	6
3.1 Normes et Référentiels des Aliments « Industries Agro-alimentaires »	7
3.1.1 IFS « International Food Standard ».....	7
3.1.2 BRC British.....	7
3.1.3 EurepGAP®	8
3.1.4 ISO 22000	8
3.2 Outils de l'assurance de la qualité	8
3.2.1 Bonnes pratiques de fabrications.....	8
3.2.2 Traçabilité alimentaire	9
3.2.3 HACCP	9
3.2.4 Système de Management de la Qualité (SMQ).....	10
4. Contrôle de la qualité	11
4.1 Laboratoire en agroalimentaire.....	11

Chapitre II : Produits laitiers

I. Fromage	16
1. Définition	16
2. Composition du fromage	16
2.1 Protéines.....	16
2.2 Calcium.....	17
2.3 Vitamines	17
2.4 Lipide.....	18
2.5 Sodium.....	18
3. Types des fromages	18
3.1 Fromages à pâte fraîche	20
3.2 Fromages à pâte molle et croûte fleurie.....	20
3.3 Fromages à pâte molle et croûte lavée.....	21
3.4 Fromages à pâte pressée non-cuite	21

Table de matières

3.5	Fromages à pâte pressée cuite	22
3.6	Fromages à pâte persillée	23
3.7	Fromages fondus	23
II.	Fromage fondu	24
1.	Définition	24
2.	Classification du fromage fondu	24
2.1	Classification selon la teneur en matière grasse	24
2.2	Classification selon la forme	25
a.	Fromage fondu type « bloc »	25
b.	Fromage fondu type « coupe »	25
c.	Fromage fondu « tartinable »	25
d.	Fromage fondu « toastable » (pour refonte)	25
e.	Fromage fondu « thermostable »	25
3.	Technologie de fabrication du fromage fondu	26
3.1	Matières utilisées dans la fabrication du fromage fondu	26
3.2	Préparation du fromage fondu	26
3.2.1	Sélection de la matière première et contrôle de qualité	26
3.2.2	Ecroutage, découpage et broyage des fromages	27
3.2.3	Préparation de la formule	27
3.2.4	Fonte proprement dite	27
3.2.5	Cuisson	27
3.2.6	Crémage	27
3.2.7	Homogénéisation	28
3.2.8	Conditionnement	28
3.2.9	Refroidissement et stockage	28
3.2.10	Conservation	28
3.3	Additifs technologiques	29
3.3.1	Sels de fonte	29
3.3.2	Eau	29
III.	Beurre	30
1.	Définition du beurre	30
2.	Composition du beurre	30
2.1	Matières grasses (82–84 %)	30
2.2	L'eau	30
2.3	Protéines (<1 %)	30
2.4	Lactose (<1 %)	30
2.5	Minéraux (0,2–0,7 %)	31

Table de matières

2.6	Vitamines liposolubles (A, D, E, K)	31
3.	Différents Types de beurre.....	32
3.1	Beurre cru ou beurre de crème crue.....	32
3.2	Beurre extra-fin	32
3.3	Beurre fin	32
3.4	Beurre concentré.....	32
3.5	Beurre allégé	32
3.6	Beurre cuisinier ou beurre de cuisine	32
3.7	Beurre à tartiner et à teneur lipidique réduite ou mixtes.....	33
4.	Technologie de la fabrication du beurre	33
4.1	Préparation de la crème.....	33
4.2	Pasteurisation de la crème.....	33
4.3	Maturation.....	33
4.4	Passage de la crème au beurre.....	36
4.5	Lavage.....	36
4.6	Malaxage.....	36
4.7	Conditionnement	37

Partie pratique

Matériel et méthodes

I.	Présentation de la laiterie Numidia (ex l'onalait).....	40
1.	Situation géographique	40
2.	Présentation de laboratoire	41
II.	Matériel.....	42
III.	Méthodes	42
1.	Fabrication du beurre pasteurisé	42
1.1	Réception et le contrôle du lait cru	42
1.2	Filtration et refroidissement.....	42
1.3	Stockage et réchauffage	43
1.4	Ecrémage.....	43
1.5	Pasteurisation	43
1.6	Refroidissement et maturation	43
1.7	Barattage et lavage	43
1.8	Malaxage.....	44
1.9	Conditionnement	44
2.	Fabrication du fromage fondu.....	46
2.1	Ingrédients utilisés.....	46

Table de matières

2.2	Broyage et mélange des ingrédients	46
2.3	Cuisson et fonte du fromage	46
2.4	Écrémage (Séparation et affinage de la texture).....	46
2.5	Refroidissement primaire.....	46
2.6	Remplissage	47
2.7	Conditionnement	47
2.8	Refroidissement final et stockage.....	47
3.	Contrôle physico- chimique des produits laitiers (fromage, beurre).....	49
3.1	Détermination du pH (acidité).....	49
3.2	Détermination de l'extrait sec total (AFNOR., 1986)	49
3.3	Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido- butyrométrique.....	50
3.4	Détermination de l'extrait sec dégraissé (uniquement pour le beurre)	51
4.	Contrôle microbiologique des produits laitiers (fromage fondu, beurre)	52
4.1	Préparation des dilutions décimales.....	52
4.2	Recherche et dénombrement des germes.....	52
4.2.1	Recherche des Salmonelles	52
4.2.2	Listeria monocytogène.....	53
4.2.3	Dénombrement des entérobactéries	54
4.2.4	Dénombrement des coliformes fécaux (CF) (E. coli).....	54
4.2.5	Recherche des Staphylococcus à coagulase + (S. aureus)	55

Résultats et discussion

I.	Résultats du contrôle physico chimique	57
1.	Beurre	57
1.1	Matière grasse	57
1.2	Extrait sec.....	58
1.3	Extrait sec dégraissé	59
2.	Fromage.....	60
2.1	L'acidité	60
2.2	Extrait sec total.....	61
2.3	Taux de matière grasse sur l'extrait sec	62
II.	Résultats du contrôle microbiologique	62
1.	Beurre	63
2.	Fromage fondu	64
2.1	<i>Listeria monocytogenes</i>	65
2.2	<i>Salmonella spp</i>	65
2.3	Staphylocoques à coagulase positive.....	65

Table de matières

2.4	Entérobactéries (Enterobacteriaceae).....	66
2.5	Escherichia coli	66
Conclusion.....		67
Résumé.....		68
Abstract.....		69
ملخص.....		68
références bibliographiques.....		72
Annexes		78

- Abs – Absorbance
- ALOA – Agar Listeria selon Ottaviani et Agosti
- DCL – Désoxycholate citrate lactose
- EPT – Eau peptonée tamponnée
- ESD – Extrait Sec Dégraissé
- EST – Extrait Sec Total
- g – Gramme
- h – Heure
- H.R.E. D : humidité rapportée à l'extrait sec dégraissé),
- ISO – International Organization for Standardization
- JORA – Journal Officiel de la République Algérienne
- Kg – kilogramme
- ml – Millilitres
- MG – Matière Grasse
- MG /E – matière grasse dans l'extrait sec
- mm – Millimètre
- NaCl – Chlorure de Sodium (sel)
- pH – Potentiel Hydrogène
- PCA – Plate Count Agar
- SFB – Souche de Fermentation Bactérienne
- T – Température
- UFC – Unité Formant Colonie
- VRBG – Violet Red Bile Glucose
- °C – Degré Celsius

Liste des figures

Figure 1: Fromages à pâte fraîche.....	20
Figure 2 : Fromages à pâte molle et croûte fleurie	21
Figure 3: Fromages à pâte molle et croûte lavée	21
Figure 4: Fromages à pâte pressée non-cuite.....	22
Figure 5: Fromages à pâte pressée cuite.....	22
Figure 6: Fromages à pâte persillée	23
Figure 7: Fromages fondus.....	23
Figure 8: Processus de cristallisation de la crème	34
Figure 9: Courbes typiques de température-temps pour la maturation physique de la crème dans fabrication du beurre	34
Figure 10: Etapes dans la formation du beurre	36
Figure 11 : Industrie Numidia ex ONALAIT	41
Figure 12 : Diagramme de fabrication du beurre pasteurisé au sein de la laitière Numidia.....	45
Figure 13 : Diagramme de fabrication du fromage fondu au sein de la laitière Numidia	48
Figure 14 : pH- mètre électronique	49
Figure 15: Dessiccateur RADWAG MAC 110.....	50
Figure 18: Teneur en matière grasse dans le beurre	57
Figure 19 : Taux d'extrait sec dans les différents lots	58
Figure 20: Taux d'extrait sec dégraissé dans des différents lots.....	59
Figure 21: Valeurs du PH de fromage dans les différents lots.....	60
Figure 22: L'extrait sec total de fromage fondu dans les différents lots.....	61

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification approximative des fromages en fonction de leur teneur en calcium en mg pour 100 g.....	17
Tableau 2:Classification fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage.....	19
Tableau 3:Classification des fromages fondus selon la teneur en MG	24
Tableau 4:Composition moyenne du beurre	31
Tableau 5:Germes rechercher au sein de la laitière Numidia	52
Tableau 6:Résultats des analyses microbiologiques du beurre pasteurisé aux normes réglementaires.....	63
Tableau 7:Résultats des analyses microbiologiques du fromage comparés aux normes réglementaires.....	64

Introduction

Introduction

Les produits laitiers occupent une place importante dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse en éléments nutritifs essentiels comme les protéines, les matières grasses, les vitamines et les minéraux.

Toutefois, leur forte teneur en eau et en nutriments en fait également des milieux favorables au développement microbien, ce qui exige une vigilance particulière tout au long de leur production, transformation et conservation (Fox *et al.*, 2017).

Vers 7000 av. J.-C., dans le Croissant Fertile, les sociétés néolithiques ont commencé à domestiquer des animaux tels que les moutons et les chèvres. Cette domestication a conduit à une production laitière excédentaire, posant le défi de conserver le lait, un produit périssable.

La fabrication du fromage est apparue comme une solution efficace pour prolonger la durée de conservation du lait. L'introduction de la poterie a permis de collecter et de stocker le lait, facilitant ainsi sa transformation. De plus, la coagulation du lait, en séparant le caillé du lactosérum, a rendu le produit plus digeste pour les adultes, qui étaient généralement intolérants au lactose à cette époque (Kindstedt., 2012).

Les fromages se déclinent en plusieurs types, qui varient selon la teneur en humidité, la texture, le mode d'affinage et les procédés de fabrication. Les fromages se divisent principalement en fromages frais, à pâte molle (croûte fleurie ou lavée), à pâte pressée (cuite ou non) et à pâte persillée, chacun différant par sa texture, son affinage et sa fabrication (O'Connor., 1993).

Le fromage fondu est un produit transformé obtenu par la fonte de fromages naturels, auxquels sont ajoutés divers ingrédients tels que des sels de fonte, du beurre, du lait en poudre ou des protéines laitières. Ce type de fromage se distingue par sa texture homogène, sa longue durée de conservation et sa grande stabilité, à condition que les procédés technologiques soient rigoureusement maîtrisés (Tamime., 2006).

L'élaboration de ce fromage repose sur une série d'opérations bien définies, notamment la préparation des matières premières, le mélange, la fonte, l'émulsification, le mouillage et le refroidissement.

Le beurre est fabriqué par barattage de la crème pasteurisée, il s'agit d'une émulsion eau-dans-gras obtenue après la rupture de la membrane des globules gras, entraînant la coalescence de la matière grasse. La qualité du beurre dépend principalement de la composition de la crème, de l'efficacité du barattage, du lavage et de la standardisation, ainsi que des conditions d'hygiène au cours du processus de fabrication (Walstra *et al.*, 2006).

Dans l'industrie laitière, le respect des normes physico-chimiques (pH, teneur en matières grasses, humidité, acidité) et microbiologiques (flore mésophile, coliformes, levures, moisissures) est essentiel pour garantir la qualité et la sécurité des produits finis.

Des référentiels internationaux, comme ceux du Codex Alimentarius (2018), ainsi que les réglementations nationales, définissent les seuils critiques à ne pas dépasser pour chaque catégorie de produit.

Ce mémoire a pour objectif de présenter, dans un premier temps, une synthèse bibliographique sur les principes de l'assurance qualité dans le secteur agroalimentaire, ainsi que sur les procédés technologiques spécifiques à la fabrication du fromage fondu et du beurre.

Dans un second temps, une étude pratique sera consacrée à l'analyse du processus de fabrication et au contrôle de qualité des produits finis, tels qu'appliqués dans l'industrie Laiterie « Numidia », en se basant sur des échantillons analysés selon les normes en vigueur.

Partie bibliographique

Chapitre 1

**Assurance et contrôle de la
qualité**

I. Généralités

1. Définition de la qualité

Définition de la qualité au sens de la norme ISO 8402 : « la qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés (organoleptiques) ou implicites (par exemple la sécurité). Pour un produit alimentaire, elle peut se décrire par la règle des 4 S (Satisfaction, Sécurité, Service, Santé).

- Satisfaction : le produit alimentaire doit satisfaire le consommateur au niveau des sens : aspect, goût, odeur ...qualité organoleptique ; du prix, etc.
- Service : dans ce critère, La praticité d'utilisation du produit, son type de conditionnement, son mode de distribution, etc., sont pris en compte.
- Santé : ce critère se traduit par le besoin d'une nourriture plus nature, plus saine (produits biologiques, sans conservateur, sans pesticide) ; produits plus riches (produits diététiques, produits enrichis en vitamines et en minéraux), etc.
- Sécurité : la sécurité alimentaire se définit comme étant la maîtrise de la santé et de la sécurité du consommateur par :
 - ✓ L'absence des contaminants naturels ou exogènes.
 - ✓ L'absence de pathogènes.
 - ✓ L'absence d'additifs à risque toxique.

2. Composantes de la qualité

La qualité de tous produits destinés à l'homme est l'aptitude à satisfaire ses besoins. Ces derniers varient et sont issus de différentes considérations (goût, santé, service, etc.) et donc la qualité ne peut pas être prise comme une seule unité, elle peut contenir différentes composantes chacune répondant à une certaine exigence du consommateur.

L'utilisateur final d'un aliment, le consommateur, en attend plusieurs "satisfactions", il y'a donc plusieurs composantes de la qualité alimentaire : hygiénique, nutritionnelle, organoleptique et d'usage, = Sécurité, Santé, Saveur et Service les quatre (**4S**). (Corpert., 2014)

✓ S1 Sécurité « qualité hygiénique »

L'aliment ne doit pas apporter "du mauvais", nous rendent malades. Qu'est-ce qui peut rendre malade dans un aliment ? Microbes (ex : salmonelles, virus hépatite) ou leur toxine, produits toxiques (ex : métaux lourds, pesticides), composants normaux en excès (ex : sel, lipides), composants normaux inadaptés à un consommateur particulier (ex : intolérant au lactose, allergique aux arachides). La

maîtrise de la sécurité de l'aliment, de la qualité hygiénique, fait l'objet de l'ensemble des cours d'hygiène (par ex : Haccp) (Corpert., 2014).

✓ **S2 Santé « qualité nutritionnelle »**

L'aliment doit apporter "du bon", qu'il soit diététique, qu'il maintienne et améliore la santé. Il s'agit d'abord des nutriments majeurs (lipides, glucides, protides) et mineurs (vitamines & minéraux). Des demandes nouvelles surgissent concernant des non-nutriments utiles (fibres, polyphénols, oligo-éléments), ou supposés bénéfiques (probiotiques, aliments fonctionnels). En fait l'équilibre nutritionnel vient du régime alimentaire, donc de tous les aliments consommés sur une longue période.

La qualité nutritionnelle d'un seul aliment ne veut donc pas dire grand-chose. Il n'y a pas d'aliment idéal, l'idéal étant de varier les aliments. Les deux premières composantes de la qualité, sécurité et santé, sont invisibles (Corpert., 2014).

✓ **S3 Saveur « qualité organoleptique ou hédonique ».**

Cette qualité conditionne souvent les deux premières : l'intoxication survient parfois par plaisir (ex. alcool, tétrodon) ; le déséquilibre alimentaire résulte d'un excès ou d'un manque de goût. La qualité organoleptique a une composante sensorielle majeure, mesurable par l'analyse sensorielle, mais a aussi une composante psychologique et sociale (ex : emballage "flatteur") (Corpert., 2014).

✓ **S4 Service « qualité d'usage ».**

Un aliment sain, complet et délicieux ne sera pas vendu s'il est trop cher, introuvable, difficile à préparer et impossible à conserver (ex. certains fruits exotiques). Il est donc souhaitable de disposer des aliments qui se conservent longtemps avant la vente, après achat, après ouverture (ex. : lait UHT) qui soient faciles à utiliser, (le stockage, l'ouverture, la fermeture et la préparation).

Aujourd'hui, une grande part de la valeur ajoutée aux aliments porte sur cette valeur d'usage et de service (ex : emballages sophistiqués, plats tout-prêts). À condition qu'ils soient abordables : à la fois pas trop chers et disponibles, vendus "partout" (Corpert., 2014).

3. Assurance de la qualité

L'assurance qualité est « l'ensemble des actions préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera aux exigences données relatives à la qualité ».

Elle doit donner confiance au client, dans la capacité de l'entreprise à maintenir la qualité. Elle représente donc clairement le choix d'une stratégie par l'entreprise. L'assurance qualité peut se résumer en une démarche qui : Tend vers le « zéro défaut », ou qualité totale (Barry., 1989).

Les industries agroalimentaires doivent garantir la qualité et la sécurité des aliments. Pour cela, plusieurs normes spécifiques existent comme l'IFS, le BRC, l'EurepGAP et l'ISO 22000. Elles assurent un contrôle rigoureux de la production en intégrant les principes du HACCP et permettent de répondre aux exigences des distributeurs et des consommateurs (Corpert., 2014).

3.1 Normes et Référentiels des Aliments « Industries Agro-alimentaires »

Une industrie agro-alimentaire. peut être sous assurance qualité "classique" (ISO 9001 :2000). Mais il y a des normes qualité spécifiques pour les aliments, qui intègrent explicitement la "sécurité" de l'aliment, notamment les normes ou référentiels IFS, BRC, EurepGAP, et ISO 22000.

3.1.1 IFS « International Food Standard »

IFS est un référentiel d'audit des fournisseurs d'aliments à marques de distributeurs IFS est imposé par de nombreux distributeurs, en France et en Allemagne (ex. Carrefour).

International Food Standard (IFS) (Norme Internationale pour les Aliments) a été défini en 2003 par les représentants du commerce de détail de produits alimentaires européen. L'IFS sert à l'examen et à la certification des systèmes pour garantir la sécurité des aliments et la qualité de la production des aliments. Avantage, un audit unique au lieu que chaque acheteur vienne auditer le producteur, pour voir si ses installations et son système qualité sont corrects, un seul auditeur, indépendant et "certifié", vient visiter l'entreprise et lui attribue l'IFS.

L'IFS se base sur la norme de gestion de qualité ISO 9001 :2000, à laquelle s'ajoutent les principes de bonne conduite de fabrication (nettoyage et désinfection, lutte contre les nuisibles, entretien, maintien et formation) et les principes du HACCP (Vidal., 1998).

3.1.2 BRC « British Retail Consortium »

La norme BRC (British Retail Consortium), initialement créée au Royaume-Uni en 1998, est aujourd'hui connue sous le nom de « Norme mondiale BRC pour la sécurité des aliments ». Elle constitue un référentiel proche de l'IFS, mais certains distributeurs lui accordent une préférence, ce qui rend parfois le choix difficile pour les producteurs agroalimentaires.

Cette norme impose notamment l'application du système HACCP, garantissant une gestion efficace de la qualité. Elle exige également le respect de critères stricts concernant l'environnement de l'usine, les produits, procédés de fabrication ainsi que le personnel. Par



ailleurs, les procédures de certification du BRC sont très similaires à celles du référentiel IFS (Vidal., 1998).

3.1.3 EurepGAP®

EurepGAP est un référentiel des bonnes pratiques pour les exploitations agricoles. À été établi en 1997 par « Euro-Retailer Produce Working Group » (EUREP). EurepGAP a été créée pour répondre au besoin de rassurer les consommateurs, principalement sur la sécurité alimentaire. En effet, ceux-ci sont effrayés par les crises alimentaires telles que l'ESB ou les OGM.

EurepGAP vise aussi à protéger l'environnement, la sécurité et la santé des ouvriers agricoles, et, ainsi que le cas échéant, le bien-être animal. Certains points sont des exigences, d'autres des recommandations (Vidal., 1998).

3.1.4 ISO 22000

ISO 22000 est une norme internationale pour la sécurité des aliments hybride entre ISO 9001 :2000 et système HACCP (comme l'IFS).

ISO 22000, comme IFS, impose une obligation de résultats et non de moyens. Le résultat : le produit doit être sain (sans conséquences néfastes pour la santé).

Publiée en septembre 2005, la norme Iso-22000 est encore assez peu pratiquée, mais elle est censée "harmoniser" au niveau mondial, et à terme remplacer, les référentiels IFS, BRC, et d'autres. Elle spécifie des exigences sur cinq éléments essentiels : pour la sécurité des aliments l'approche systémique, la communication interactive, la traçabilité, les prérequis ou programmes préalables (PRP) et le plan HACCP.

L'ISO 22000 est une norme applicable pour tous les organismes appartenant à la filière de l'agro-alimentaire. Cette norme a pour but de créer et de maintenir un véritable système de management de la sécurité alimentaire. Elle met l'accent sur les compétences du personnel, sur la recherche continue d'informations concernant les produits alimentaires (nouvelles lois, normes, règlements, etc..) ainsi qu'un retour au système HACCP originel (Vidal., 998).

3.2 Outils de l'assurance de la qualité

3.2.1 Bonnes pratiques de fabrications

Les bonnes pratiques de fabrication (BPF) sont les conditions environnementales et opérationnelles requises pour produire des aliments salubres. Elles font en sorte que les ingrédients, les produits et les emballages soient manipulés de façon sécuritaire et que les produits alimentaires soient transformés dans un environnement approprié.



De bonnes pratiques de fabrication permettent de lutter contre les risques associés au personnel et à l'environnement durant la transformation des aliments. Elles constituent une base pour tout système de salubrité des aliments. Une fois que de bonnes pratiques de fabrication sont en place, les transformateurs peuvent mettre en œuvre un système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques (HACCP) afin de maîtriser les risques (Gouvernement du Manitoba., 2023).

Les bonnes pratiques de fabrication portent sur les points suivants :

- Contrôle environnemental (locaux)
- Pratiques liées au personnel
- Expédition, réception, manutention,
- Entreposage
- Lutte contre les organismes nuisibles
- Salubrité de l'eau
- Rappel et traçabilité,
- Assainissement
- Entretien du matériel

3.2.2 Traçabilité alimentaire

La traçabilité est définie comme : « La capacité à suivre le mouvement d'un aliment à travers des étapes spécifiées de la production, de la transformation et de la distribution » (Codex alimentarius., 2006).

La traçabilité est liée à :

- L'origine des matières premières et des composants.
- L'historique de la transformation.
- La distribution et l'emplacement du produit après sa livraison (Codex alimentarius., 2002).

3.2.3 HACCP

Le HACCP est une démarche d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques. Il s'agit d'un système de salubrité des aliments reconnu dans le monde entier et fondé sur des données scientifiques, qui est employé pour que la préparation des produits alimentaires se fasse en toute sécurité. Le HACCP est conçu pour prévenir, réduire ou éliminer les risques biologiques,

chimiques et physiques possibles pour la salubrité des aliments, y compris ceux qui découlent de la contamination croisée.

Les plans HACCP sont élaborés en fonction des sept principes normalisés par la commission du codex alimentaires

Principe 1 : Procéder à une analyse des risques L'analyse des risques

Principe 2 : Établir les points de contrôle critique

Principe 3 : Établir les limites critiques

Principe 4 : Mettre en place des procédures de surveillance

Principe 5 : Déterminer les mesures correctives à prendre

Principe 6 : Appliquer des procédures de vérification

Principe 7 : Établir des procédures de tenue de registres et de documentation

3.2.4 Système de Management de la Qualité (SMQ)

Le système de management de la qualité englobe l'ensemble des activités relatives au contrôle de la qualité, de l'assurance de la qualité et de la gestion de la qualité en général, ainsi que leur organisation. Le management de la qualité ne saurait être abordé sans faire référence aux normes ou standards de qualité. Parmi les référentiels internationaux les plus reconnus figure l'ISO 9001, dans sa version 2015.

Les principes du management de la qualité selon l'ISO (2015), sont un ensemble de valeurs, de règles, de normes et de convictions fondamentales, considérées comme justes et susceptibles de servir de base à la gestion de la qualité. Parmi ces principes :

- 1) Orientation client
- 2) Leadership
- 3) Implication du personnel
- 4) Management par approche système

-
- 5) Amélioration continue
 - 6) Prise de décision fondée sur des preuves
 - 7) Management des relations avec les parties prenantes

4. Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité dans l'industrie alimentaire est présent pour assurer la sécurité, la conformité aux normes et la satisfaction des consommateurs. Il joue un rôle central à toutes les étapes de la chaîne agroalimentaire, depuis la production jusqu'à la distribution, en incluant la transformation et le conditionnement des produits.

Ce processus comprend l'application rigoureuse de normes, de procédures et de méthodes d'analyse scientifique pour évaluer les aspects physiques, chimiques, microbiologiques et sensoriels des aliments. La traçabilité et l'étiquetage sont également examinés de près pour prévenir les risques, les fraudes, les non-conformités et les défauts susceptibles de compromettre la qualité et la sécurité des aliments.

4.1 Laboratoire en agroalimentaire

Les laboratoires de contrôle en agroalimentaire jouent un rôle primordial dans le système d'assurance-qualité. Ils permettent de contrôler les produits finis et de s'assurer qu'ils répondent aux besoins hygiéniques et organoleptiques du consommateur. Ils garantissent également le respect de la qualité et de la sécurité tout au long des étapes de fabrication grâce aux contrôles qu'ils réalisent en continu. Ils permettent ainsi de déceler les défaillances qui surviennent au cours de la production et de les corriger rapidement.

Enfin, des contrôles peuvent avoir lieu sur les locaux, le matériel et les eaux de rinçage afin de vérifier la qualité hygiénique de l'environnement de production et s'assurer que le nettoyage des installations est efficace (Bryskier., 1999). On distingue plusieurs types de contrôle en laboratoire agroalimentaire :

- ❖ **Contrôles microbiologiques** : les contrôles microbiologiques permettent de :
 - Déetecter et identifier les microorganismes et leurs toxines.
 - Définir l'efficacité des opérations de nettoyage et la désinfection.
 - Déterminer le niveau de contamination microbiologique de l'air.
 - Contrôler la qualité microbiologique des eaux de consommation, et de réseaux.
 - Déterminer la Date Limite de Consommation (DLC) ou la Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) des denrées alimentaires.



Les contrôles microbiologiques doivent permettre de garantir une bonne qualité hygiénique et marchande du produit fabriqué. De plus, les contrôles doivent permettre de minimiser les pertes dues à de mauvaises conditions de fabrication et en fin un bon rendement (Bryskier., 1999).

Les germes recherchés

➤ Germes Aérobies Mésophiles Totaux

Appelés aussi "Flore totale" ou nombre très approximatif des germes qui se trouvent dans les produits alimentaires. Ces micro-organismes peuvent par leur quantité dégrader la denrée, altérer sa qualité marchande et provoquer des troubles digestifs ou allergiques chez le consommateur. La flore peut être saprophyte ou pathogène, originale ou apportée lors des manipulations (Bourgoie., 1996).

➤ Coliformes totaux et fécaux

Ce sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possèdent pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 h à une température comprise entre 36 et 37 °C. Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux, mais ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 heures à une température de l'ordre de 44 °C (Bourgoie., 1996).

➤ *Staphylococcus aureus*

Les *Staphylococcus aureus* appartiennent à la famille de *Micrococcaceae*. Ce sont des cocci à gram positif, non sporulés, aéro–anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles, se divisant en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, coagulase, protéase et catalase positifs (Bourgeois., 1996).

➤ *Salmonella*

Les Salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*, bacilles à Gram négatif, anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à une ciliature péri triche, mais *Salmonella gallinarum* est toujours immobile, elle possède une catalase, réduit les nitrates en nitrites, fermente les glucoses avec la production d'acide et de gaz (Bourgeois., 1996).

➤ Entérobactéries

La famille des Entérobactéries (*Enterobacteriaceae*) regroupe de nombreuses espèces dont la plupart sont des hôtes normaux (commensaux) de l'intestin de l'homme et des animaux dans l'intestin terminal, elles représentent 10% de la flore totale et la majorité de la flore intestinale est aéro-anaérobiose.

Chez l'homme, les entérobactéries sont très répandues dans la nature en raison de la contamination de l'environnement par l'intermédiaire des matières fécales animales et des eaux d'égout, et en raison de leur rusticité. L'entérobactérie intestinale prédominante chez l'homme est *Escherichia coli*.

Ces bactéries sont capables de se développer dans un produit alimentaire et donc de dégradations importantes et dangereuses en posant des problèmes en point de vue sanitaire.

Les entérobactéries sont des bacilles ou coccobacilles Gram négatif, Catalase (+) (sauf *Shigella dysenteriae serovar 1*) asporulées, elles réduisent les nitrates en nitrites (sauf quelques *Erwinia*) et fermentent le glucose, elles sont anaérobies facultatives (Gutraud., 1998).

➤ *E. Coli*

Escherichia coli est une bactérie du genre *Escherichia*, appartenant aux bacilles à Gram négatif. Il s'agit d'un microorganisme aérobie-anaérobiose facultatif (AAF), généralement non sporulé, mesurant entre 2 et 4 µm de long pour un diamètre d'environ 0,6 µm. Il peut être mobile grâce à des flagelles périthriches ou immobile selon les souches. *E. coli* colonise naturellement le tube digestif des animaux à sang chaud. Toutefois, certaines souches sont pathogènes, ayant acquis des facteurs de virulence qui les rendent responsables de diverses infections (Balière ;2016).

➤ *Listeria monocytogenes*

La listeria est une bactérie de gram + du genre *Listeria*, c'est la seule espèce pathogène pour l'homme, provoquant la listériose. Il s'agit d'un bacille de petite taille, non sporulé, aéro-anaérobiose facultatif, ubiquitaire (sol, végétaux, eau), possédant une catalase et mobile à 20 °C. Selon certaines études, 1 à 10 % des humains seraient porteurs sains de *L. monocytogenes* dans leur intestin (Dumas., 2012).

❖ Contrôles physico-chimiques

Les constituants chimiques présents dans les aliments ou dans les matières premières utilisées pour leur fabrication, sont très diversifiés et se retrouvent en concentrations variables selon les aliments. Dans les laboratoires d'industries alimentaires, il est nécessaire de faire l'analyse de

certains de ces constituants alimentaires afin de vérifier et respecter des cahiers des charges et de la réglementation. Ce type de contrôle permet de déceler notamment les contaminants physico-chimiques présentant un danger pour la santé du consommateur (Albert *et al.*, 1971).

Le contrôle physicochimique est réalisé en mesurant les différents paramètres (température, humidité, teneur en matière grasse, pH...)

✓ Mesure du pH

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur et sur sa stabilité (Mathieu., 1998). Le pH du lait est mesuré à l'aide d'un pH-mètre selon la méthode électrométrique décrite par AFNOR en 1980.

✓ Tenure en matière grasse « Méthode de Gerber »

Elle repose sur l'utilisation d'acide sulfurique pour dissoudre les protéines et libérer les lipides, qui sont ensuite séparés par centrifugation et mesurés dans un butyromètre (Gerbe., r1892).

✓ Teneur en matière sèche totale (extrait sec total)

La détermination de la matière sèche est basée sur la perte d'eau suite à une dessiccation du lait comme réalisée par AFNOR en 1985, la teneur en matière sèche totale est le résultat obtenu après évaporation de l'eau du lait. Elle est exprimée en gramme par litre ou gramme par Kilogrammes ou en pourcentage (Mathieu., 1998).

Chapitre II

Produits laitiers

Les produits laitiers sont définis comme des denrées dérivées exclusivement du lait. Ils peuvent résulter de l'ajout ou du retrait de certains constituants naturels du lait, à condition que les substances ajoutées soient strictement nécessaires à leur fabrication et ne servent en aucun cas à remplacer, totalement ou partiellement, un composant du lait.

Certaines appellations sont réservées exclusivement aux produits laitiers. Il s'agit notamment du lactosérum, de la crème, du beurre, du babeurre, de la matière grasse laitière, du fromage, du yaourt (ou yoghourt), du kéfir, du kumis (GEM-RCN., 2009).

I. Fromage

1. Définition

La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seuls ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse.

La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage. (J.O.F.R., 2007).

2. Composition du fromage

Parmi les constituants du fromage, les protéines, le calcium, la riboflavine ainsi que les vitamines A et D sont ceux dont la valeur nutritionnelle mérite une attention particulière.

2.1 Protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâte pressée dont la teneur en protéines (30%) dépasse celle de la viande (20%). Ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante (entre 20 et 30 selon les fromages) se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur. Du fait de cette protéolyse les protéines du fromage sont aisément digestibles. Outre sa teneur élevée en protéines, la haute valeur biologique du fromage lui est conférée par sa composition en acides aminés très intéressante sur le plan nutritionnel (Dillon et Berthier., 1997).

2.2 Calcium

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication.

Il est noté qu'une bonne constance des teneurs en calcium ; en revanche, une grande variabilité est constatée parmi les fromages à pâte molle, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700 mg par 100 g (Dillonet et Berthier., 1997).

Tableau 1 : Classification approximative des fromages en fonction de leur teneur en calcium en mg pour 100 g

Pâtes pressées cuites	1000/à/1200 mg
Pâtes pressées	600 à 900
Fromages fondus, fromages persillés	500à 700
Pâtes molles à croute lavée	400 à 800
Pâtes à molles à croute fleurie	200 à 500
Fromage de chèvre	100 à 300
Fromage frais	60 à 100

Tout comme le calcium du lait, le calcium des fromages est bien par l'organisme humain en raison des proportions respectives de calcium et de phosphore qu'ils apportent et de la présence concomitante de protéines qui en favorisent l'absorption intestinale (Dillon et Berthier., 1997).

2.3 Vitamines

La teneur en vitamines liposolubles, essentiellement vitamines A, D et accessoirement vitamine E, est directement fonction de la richesse du produit en lipides, laquelle peut varier de 0% dans certains fromages frais à 70% dans les produits enrichis en crème. Quant à la teneur en vitamines hydrosolubles, celle-ci varie considérablement selon les fromages.

En effet, elle est le résultat de deux facteurs opposés la perte qui survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient en cours d'affinage. C'est ainsi que les vitamines du groupe B sont en grande partie éliminées avec le lactosérum au cours de l'égouttage (25% seulement étant retenu dans le caillé) et que la vitamine C est intégralement éliminée (Dillon et Berthier., 1997).

En compensation, les microflores bactérienne et fongique synthétisent plusieurs vitamines du groupe B constatant un enrichissement en riboflavine, acide pantothénique, pyridoxine et acide folique dans le fromage fini, parfois aussi en thiamine et vitamine B₁₂.

Dans certains cas, au contraire, il est noté une diminution de la teneur en certaines vitamines par exemple, l'acide folique est consommé par les bactéries lors de la maturation des fromages fermentés. Pour toutes ces raisons, comme le souligne ADRIAN, une teneur moyenne des fromages en vitamines B n'a guère de signification (Dillon et Berthier., 1997).

2.4 Lipide

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes. Une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres qui va de 0,25 de la matière grasse dans le camembert frais à 6.4 dans le camembert très affiné. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles (Dillon et Berthier., 1997).

2.5 Sodium

Le salage du caillé est employé pour plusieurs raisons, le fait que le chlorure de sodium intervient pour relever la saveur du fromage. Il est utilisé pour limiter la prolifération de certaines moisissures indésirables et pour régler l'humidité du caillé.

3. Types des fromages

La réglementation internationale (FAO/OMS, 1987) du codex alimentaire demeure plus générale, elle autorise à catégoriser les fromages en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (H.R.E.D : humidité rapportée à l'extrait sec dégraissé), leur teneur en matière grasse sur la matière sèche (M.G/E. S : matière grasse dans l'extrait sec) et les caractéristiques de maturation principales (Eck., 1986).

Tableau 2:Classification des fromages (FAO.,1995).

Formule I		Formule II		Formule III
H.R.E.D%	La première phrase de la dénomination sera	M.G/E. S %	La deuxième phrase de la dénomination sera	Désignation d'après les principales caractéristiques de maturation
<41	Pâte Extra dure	>60	Extra gras	Muri ou affiné surtout la surface
49-56	Pâte dure	45-60	Gras	Muri ou affiné surtout la masse
54-63	Pâte demi – dure	25-45	Demi gras	Muri ou moisissure surtout la surface
61-69	Pâte demi- molle	10_25	Quart gras	Muri ou moisissures surtout la masse
>67	Pâte molle	<10	Maigre	Non affiné

La fabrication du fromage implique quatre ingrédients principaux : le lait, la présure, les microorganismes et le sel (Beresford *et al.*, 2001).

Il y a de nombreuses classifications de fromages qui se distinguent en fonction de différents critères : la source de lait utilisée, le pays d'origine, les techniques de production, le type d'affinage, la coagulation et l'égouttage, l'aspect extérieur et le pourcentage d'eau, ainsi que l'espèce animale dont provient le lait (David et Forte., 1998).

Actuellement, il y a plus d'un millier de types de fromages répertoriés à travers le globe (Ross *et al.*, 2002 ; Fox et McSweeney., 2004).

3.1 Fromages à pâte fraîche

Brousse de Provence, Creuset d'Anjou, la Faisselle. Ce sont des fromages qui n'ont pas devenir du caillé. Celui-ci est ensuite égoutté pour extraire le lactosérum (petit-lait). Certaines variétés de fromages frais sont ensuite moulées, leur taux d'humidité est supérieur à 60%, leur texture est onctueuse et fondante, qui se consomment rapidement après leur fabrication (Anonyme 1).



Figure 1: Fromages à pâte fraîche (site1).

3.2 Fromages à pâte molle et croûte fleurie

Les fromages à pâtes molles ont une texture onctueuse, fondante, crémeuse, ils sont fabriqués avec du lait caillé, ensuite moulé puis enfin égoutter. Une fois démoulé le lait caillé est ensuite salé puis séché et la surface extérieure est ensuite ensemencée d'un champignon (généralement du *Penicillium Candidum*).

Au fil de l'affinage, une croûte blanche et duveteuse va se former, appelée la « fleur », leur taux d'humidité est compris entre 50 et 60% (pourcentage plus élevé pour les doubles ou triples crèmes, pour lesquels de la crème est additionnée au lait). Dans les croûtes fleuries, il y'a le *Camembert*, *le Chaource*, *le Bri* (anonyme 2).



Figure 2 : Fromages à pâte molle et croûte fleurie (site1).

3.3 Fromages à pâte molle et croûte lavée

La fabrication des fromages à pâte molle et croûte lavée est la même que celle des croûtes fleuries jusqu'à l'affinage. Durant cette période, les fromages vont être lavés et brossés à plusieurs reprises avec de la saumure (eau salée), à laquelle il est parfois ajouté de l'alcool (Marc de Bourgogne pour l'Epoisses, par exemple). Ces fromages sont réputés pour leur odeur forte et leur croûte humide souvent de couleur orangée. Par exemple *l'Epoisses, le Maroilles, le Pont l'Evêque...* (Anonyme 1).



Figure 3: Fromages à pâte molle et croûte lavée (Anonyme 1).

3.4 Fromages à pâte pressée non-cuite

C'est la croûte du fromage qui donne toute la saveur et l'arôme à cette pâte. Le lait également, s'il est de vache ou de brebis, impose son goût aux fromages. Cette pâte plus ou moins épaisse selon la durée d'affinage, est obtenue en pressant mécaniquement le lait caillé pour en extraire

le petit-lait (lactosérum). Son taux d'humidité est entre 45 et 50%, parmi les plus connus, il y a *le Reblochon, le saint Nectaire, le Cantal* (Anonyme 2).



Figure 4: Fromages à pâte pressée non-cuite (Anonyme 1).

3.5 Fromages à pâte pressée cuite

Ces fromages, issus principalement de lait de vache, sont obtenus par chauffage et pressage du caillé, ce qui leur vaut l'appellation de « pâtes dures ».

Traditionnellement produits en alpage durant l'été, période où le lait est abondant et riche, ils étaient ensuite affinés en vallée pendant l'hiver. Aujourd'hui, leur fabrication peut également être industrialisée, ils se distinguent par une pâte ferme de couleur jaune, une maturation longue leur conférant une saveur fruitée, ainsi qu'une richesse notable en calcium et en protéines. Parmi les variétés les plus connues figurent *l'Emmental, le Comté, l'Abondance et le Beaufort* (anonyme 2).



Figure 5: Fromages à pâte pressée cuite (Anonyme 1).

3.6 Fromages à pâte persillée

Ou « les bleus » tels que *le Roquefort*, *la Fourme d'Ambert*, le 1924, ils développent des points bleuâtres ou verdâtres dans la pâte. Au moulage, le caillé est ensemencé d'un champignon (*penicillium glaucum roqueforti* ou *penicillium candidum*) pour permettre de développer des moisissures dans la pâte. Pendant plusieurs mois, les fromages sont affinés dans un milieu humide et piqués avec de longues aiguilles pour faciliter la circulation de l'air dans la pâte et stimuler le développement des moisissures (anonyme 2).



Figure 6: Fromages à pâte persillée(site1).

3.7 Fromages fondus

Ce type de fromage est obtenu par la fonte de fromages ou d'un mélange de fromages. Des aromates, épices, ou autres types de produits laitiers peuvent être ajoutés à sa préparation. Il peut s'agir de crèmes comme (la *Cancaillotte*), de fromages à tartiner, de fromages d'apéritifs, la plupart portent le nom d'une marque déposée par une entreprise (Anonyme 2).



Figure 7: Fromages fondus (Anonyme 2).

II. Fromage fondu

1. Définition

Le fromage fondu c'est produit obtenu par la fonte, à l'aide de la chaleur, d'un fromage (cheddar, gouda, gruyère) ou d'un mélange de plusieurs fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers, notamment du lait (liquide ou en poudre), crème fraîche, beurre, avec ou sans addition d'épices ou d'arômes (Benyahia et Hamdadou., 2008).

Selon (Fox et McSweeny., 1998), la fonte des fromages présente plusieurs avantages entre autres :

- ❖ Une certaine quantité de fromage qui est difficile ou même impossible à commercialiser peut-être employée.
- ❖ Le mélange de différentes variétés de fromage et d'autres matières premières non laitières permet de donner des fromages fondus différents du point de vue consistance, flaveur et forme.
- ❖ Les fromages fondus ont une stabilité à la conservation sous des températures modérées, ce qui réduit le coût de stockage et du transport (Christensen *et al.*, 2003).

2. Classification du fromage fondu

2.1 Classification selon la teneur en matière grasse

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

Tableau 3:Classification des fromages fondus selon la teneur en MG (D.F.L., 2009).

Catégories 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
Demi gras	350	450	400
Trois-quarts gras	250	400	300
Quart-gras	150	400	300
Maigre	Moins de 150	400	300

Pour toute autre dénomination de fromage, le mélange utilisé pour la fonte doit contenir par kg plus de 500 g du fromage en question (D.F.I., 2009).

2.2 Classification selon la forme

D'après Boutennier (2000), ces produits issus de fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles

a. Fromage fondu type « bloc »

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée, bien que celui-ci ait fait l'objet d'un chauffage.

b. Fromage fondu type « coupe »

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

c. Fromage fondu « tartinable »

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

d. Fromage fondu « toastable » (pour refonte)

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

e. Fromage fondu « thermostable »

Issu d'une demande extrême-orientale, à l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé et les blocs obtenus sont découverts en Japon puis incorporés dans des plats cuisinés à

base de légumes ou du poisson. Ces préparations peuvent être appertisées et, à des températures élevées, les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation.

3. Technologie de fabrication du fromage fondu

Le fromage fondu est obtenu par broyage, mélange, fonte et émulsifications, sous l'action de la chaleur et d'agents émulsifiants, d'une ou plusieurs variétés de fromage, avec ou sans adjonction de constituants laitiers et/ou d'autres denrées alimentaires (Codex alimentarius., 2004).

3.1 Matières utilisées dans la fabrication du fromage fondu

La production de fromage fondu exige la présence de matières premières d'origine laitière et non laitière

❖ Matières premières laitières :

- Le fromage
- La préfonte
- La poudre de lait
- Autres matières premières laitières

En outre des fromages, d'autres matières premières laitières sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu. Citant les concentrés protéiques laitiers, les poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de serum, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre (Fox *et al.*, 2000).

❖ Matières premières non laitières :

- L'eau
- Les sels de fontes
- Additifs alimentaires

3.2 Préparation du fromage fondu

3.2.1 Sélection de la matière première et contrôle de qualité

La sélection des matières premières dépend de la formule du produit à obtenir. Toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physico-chimique, bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Gillis et Eck., 1997).

3.2.2 Ecroutage, découpage et broyage des fromages

L'égouttage est réalisé traditionnellement par raclage ou brassage, mais des nouvelles techniques apparaissent telles que : les jets d'eau chaude sous pression par exemple. Les fromages de fonte doivent subir un broyage. Cette technique s'effectue à l'aide de machine spéciale « broyeur », le fromage sort du broyeur sous forme de longs spaghetti (Luquet., 1985).

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

3.2.3 Préparation de la formule

La préparation du fromage consiste à peser des matières premières, la principale matière première des fromages fondu est le fromage auquel sont souvent associées d'autres produits laitiers. Les fromages appartiennent généralement aux pâtes pressées cuites ou non cuites, tout l'art du maître fondateur se trouve dans la sélection et le dosage harmonieux des matières premières (Amadou et Amer., 2002).

Mélanger aux matières fromagères et laitières, et ajouter de l'eau et sels de fonte, puis un pré broyage de l'ensemble pendant quelques minutes est effectué pour obtenir un mélange prêt à être fondu, la réhydratation des poudres est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte (Gillis et Eck., 1997).

3.2.4 Fonte proprement dite

Des installations demi-continu ont été développées avec l'utilisation d'un cutter assurant le préchauffage, suivi d'une cuve de mise en continu alimentant des échangeurs de chaleur raclée, la température atteinte sur ces installations permet d'obtenir une meilleure valeur stérilisatrice. La stérilisation est suivie d'un pré refroidissement jusqu'à 80°C-90°C, puis d'une étape I spécifique de fonte de crémages (Gillis et Eck., 1997).

3.2.5 Cuisson

Cette étape est importante dans le processus de fabrication du fromage fondu. Le mélange est introduit dans les cuiseuses, où il subit une cuisson et brassage simultané, la cuisson est réalisée grâce à l'injection directe de vapeur sous vide pendant 5 à 10 minutes. La température du mélange atteint une valeur de 85°C à 90°C (Luquet., 1985).

3.2.6 Crémage

Cette étape est essentielle pour la fabrication des fromages fondu à tartiner en portion. En effet, leur texture crémeuse suppose une déstructuration poussée, contrairement aux fromages fondu

en tranche ou en bloc. Bien que peu visqueux, ces produits sont des gels. En effet contrairement aux fromages fondus en barquettes qui ne s'écoulent pas spontanément, les portions doivent conserver leur forme au stockage (Gaucheron., 2004). L'importance du crémage a une influence primordiale sur la texture finale du produit (Luquet., 1985).

3.2.7 Homogénéisation

Cette étape améliore la stabilité de l'émulsion de la matière grasse en diminuant la taille des globules gras ; elle améliore la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus ; Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (Gillis et Eck., 1997).

3.2.8 Conditionnement

Le conditionnement est un processus très complexe. Il est réalisé actuellement au moyen des machines automatiques 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 fondu 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).

3.2.9 Refroidissement et stockage

Le refroidissement varie en fonction du produit ; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner et la préparation à base de fromage fondu et lent pour les blocs, un refroidissement trop lent peut favoriser le développement des réactions de Maillard. Les produits sont stockés et mis en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 à 15 °C (Gillis et Eck., 1997).

3.2.10 Conservation

Le fromage fondu est un produit de longue conservation (jusqu'à 1 an), conservation qui est rendue possible grâce au traitement thermique et à la présence de sels de fonte (Gaucheron., 2004).

3.3 Additifs technologiques

3.3.1 Sels de fonte

Selon Mahaut et son équipe en 2000, les sels de fonte agissent comme émulsifiants, ils sont autorisés dans la limite de 3% du poids du produit fini, sont autorisés par la législation.

- Les polyphosphates de sodium.
- Les ortho-phosphates de sodium.
- Le citrate de sodium
- L'acide citrique.

Selon Molins (1992), le rôle des sels de fonte dans la fabrication de fromage fondu est :

- Solubilisation des protéines et séquestration du calcium : la capacité d'un sel de fonte à solubiliser la caséine dépend essentiellement de sa capacité à échanger le calcium du produit laitier contre le sodium qui le contient initialement.
- Ajustement du pH : le pH est ajusté dans une gamme allant de(5.4 à 5.8) selon les propriétés recherchées.
- Fonction antimicrobienne,
 - il ne s'agit pas d'un effet bactéricide (les polyphosphates ne détruisent pas les micro-organismes) mais plutôt, d'un effet bactériostatique. (Berger *et al.*, 1989).

Les phosphates ; sont également reconnus comme de bons inhibiteurs de la germination des spores, la production des toxines botuliques est également empêchée (Tanac *et al.*, 1979).

3.3.2 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. Cette eau doit être de qualité alimentaire c'est-à-dire avec une faible teneur en micro-organisme et en contaminant chimique tel que le nitrate (Boutonnier., 2000).

III. Beurre

1. Définition du beurre

La dénomination « beurre » est le produit gras dérivé exclusivement du lait et des produits obtenus à partir du lait sous forme d'une émulsion d'eau dans la matière grasse. Le beurre est défini comme un produit alimentaire obtenu exclusivement à partir du lait et/ou de produits issus principalement du lait sous forme d'une émulsion du type eau dans huile. Il doit présenter pour 100 g de produit fini, 82 g de matière grasse au minimum, 2 g de matière sèche non grasse et 16 g d'eau au maximum (J.O.R.A. N°96., 1998).

2. Composition du beurre

Le beurre est constitué essentiellement de la matière grasse du lait (82%) au sein de laquelle sont réparties des gouttelettes très fines (1 à 5 microns) de babeurre dilué par l'eau de lavage. Cette phase aqueuse ne doit pas excéder 18% dont 16% d'eau et 2% de matière sèche non grasse (lactose, protéines, sels minéraux) (Trémolière *et al.*, 1984).

2.1 Matières grasses (82–84 %)

Les matières grasses représentent la fraction majoritaire du beurre. Elles sont composées principalement de triglycérides (~98 %), avec une prédominance d'acides gras saturés (palmitique, myristique, butyrique), et une proportion moindre d'acides gras mono-insaturés (oléique) et polyinsaturés (linoléique, α -linolénique) (Fox et McSweeney., 2015).

2.2 L'eau

L'eau est présente sous forme de microgouttelettes dispersées dans la phase grasse. Elle joue un rôle important dans la texture et la stabilité microbiologique du beurre (Walstra ; Wouters et Geurts., 2006).

2.3 Protéines (<1 %)

La teneur en protéines est très faible. Ces protéines résiduelles proviennent du lait (caséines et protéines sériques) et peuvent influencer la couleur et la stabilité du produit (I.D.F., 2010).

2.4 Lactose (<1 %)

Le beurre contient très peu de lactose, car celui-ci reste en grande partie dans le babeurre (lactosérum) lors du barattage. Cette faible teneur rend le beurre généralement tolérable pour les personnes intolérantes au lactose (Codex alimentarius., 2018).

2.5 Minéraux (0,2–0,7 %)

La fraction minérale est très limitée, avec des traces de sodium, potassium, calcium et phosphore. Ces minéraux sont en majorité présents dans la phase aqueuse du beurre (A.N.S.E.S., 2020).

2.6 Vitamines liposolubles (A, D, E, K)

Le beurre est naturellement riche en vitamine A, qui lui donne sa couleur jaune. Il contient aussi des quantités intéressantes de vitamines D, E et K, en raison de leur solubilité dans les graisses (Givens, et Gibbs., 2008).

Tableau 4: Composition moyenne du beurre (Pointurier et Adda., 1969).

Composants	Pourcentage %	Eléments	Tenure
Phase grasse	82 (82 à 84)	Triglycérides	82%
		Phosphatides	0.2 - 1 %
		Carotène	3 à 9 mg.kg ⁻¹
		Vit A	9 à 30 mg.kg ⁻¹
		Vit D	0.002 à 0.04 mg.kg ⁻¹
		Vit E	8 à 40 mg.kg ⁻¹
Eau	<16(14 à 16)		
Extrait sec dégraissé	< 2(0.4 à 1.8)	Lactose	0.1 à 0.3%
		Acide lactique	0.15% (beurre de crème acide)
		Matières azotées :	0.2 à 0.8%
		-Caséine	0.2 à 0.6%
		-Protéines solubles	0.1 à 0.05%
		-Protéines membranaires,	Traces
		Peptides, acides aminés	
		Sels autre que Na Cl dont :	
		-citrates	0.1%

0.02%
3 mg. Kg⁻¹
0.8 mg. Kg⁻¹

3. Différents Types de beurre

3.1 Beurre cru ou beurre de crème crue

Comme son nom l'indique, il est obtenu exclusivement à partir de crème n'ayant subi aucun traitement d'assainissement (non pasteurisée), mis à part la réfrigération du lait après la traite dans des tanks à lait à 4° C, en vue de sa conservation (Mahaut *et al.*, 2000).

3.2 Beurre extra-fin

Le beurre extra-fin doit être fabriqué dans un délai maximal de 72 heures à partir du lait ou de la crème. La crème utilisée doit être pasteurisée et barattée dans les 48 heures suivant l'écrémage. Elle ne doit subir ni désacidification, ni traitement sanitaire autre que la pasteurisation, et ne doit en aucun cas avoir été congelée ou surgelée (Vierling., 2003).

3.3 Beurre fin

Le beurre fin est un produit obtenu à partir de crème pasteurisée, qui peut être un mélange de crème fraîche et de crème congelée ou surgelée (Vierling., 2003).

3.4 Beurre concentré : il existe deux types

Pour la consommation directe : ce beurre, également appelé « beurre de cuisine », est pasteurisé, déshydraté et contient au minimum 96 % de matières grasses d'origine laitière. Sa faible teneur en eau et en matières non grasses lui confère une meilleure stabilité durant le stockage.

Pour l'usage industriel : appelé « beurre pâtissier », il s'agit aussi d'un beurre pasteurisé et déshydraté, mais qui contient au moins 99,8 % de matières grasses laitières. Il ne doit contenir aucun additif tel que des antioxydants ou des conservateurs (Fredot., 2006).

3.5 Beurre allégé

Il s'agit d'une émulsion dont la teneur en matières grasses varie entre 41 % et 65 %. Ce type de beurre peut être utilisé pour la cuisson (Florence., 2009).

3.6 Beurre cuisinier ou beurre de cuisine

Ce beurre déshydraté contient au minimum 90 % de matières grasses issues du lait. Autres types de beurre (selon le goût) :

- Beurre salé : contient entre 3 % et 10 % de sel.
- Beurre demi-sel : contient entre 0,5 % et 1,3 % de sel.
- Beurre aromatisé : il est enrichi à chaud ou à froid avec des ingrédients tels que des herbes, des épices, du fromage, de l'ail, du persil ou encore des fruits.

3.7 Beurre à tartiner et à teneur lipidique réduite ou mixtes

Composées de matières grasses d'origine laitière, leur teneur en matières grasses est comprise entre 20 et 40%, et est obligatoirement spécifiée sur l'emballage (Acem., 2016).

4. Technologie de la fabrication du beurre

4.1 Préparation de la crème

La crème est standardisée entre 35 et 40 % MG en fabrication traditionnelle et entre 40 et 45 % de MG en fabrication continue. Dans le cas des crèmes acides, une désacidification est effectuée pour ramener l'acidité du non gras entre 15 et 20°D soit par lavage à l'eau (une à deux fois son volume), suivi d'un écrémage afin d'éliminer la phase non grasse altérée, soit par addition de neutralisants tels que la soude, la chaux ou la magnésie. (Jeantet *et al.*, 2008).

4.2 Pasteurisation de la crème

Elle est effectuée de 90-95°C à 105-110°C pendant 15 à 20 s, afin de détruire les enzymes thermorésistantes (lipases, oxydoréductases). Compte tenu de la faible conductivité thermique de la crème, la surface d'échange est trois fois plus élevée que celle du pasteurisateur à lait (Jeantet *et al.*, 2008).

Dégazage Il est largement utilisé et effectué sous vide partiel en deux temps

Dégazage à 70-75°C sous une dépression de 0,93.105 Pa, ce traitement élimine les gaz dissous dans la crème et évite l'encrassement ultérieur des appareils de chauffage.

Le deuxième dégazage est réalisé après la section de chambrage à 90-95°C sous 5,3104 Pa et permet d'éliminer l'éventuel goût de cuit, suivant le schéma de fabrication (Jeantet *et al.*, 2008).

4.3 Maturation

La maturation de la crème repose sur deux processus complémentaires : d'une part, une maturation physique, et d'autre part, une maturation biologique qui permet le développement de l'acidité et des arômes. Selon le schéma technologique de fabrication, ces deux étapes peuvent être réalisées conjointement ou de manière successive, la maturation physique précédant généralement la maturation biologique (Mahout., 2008).



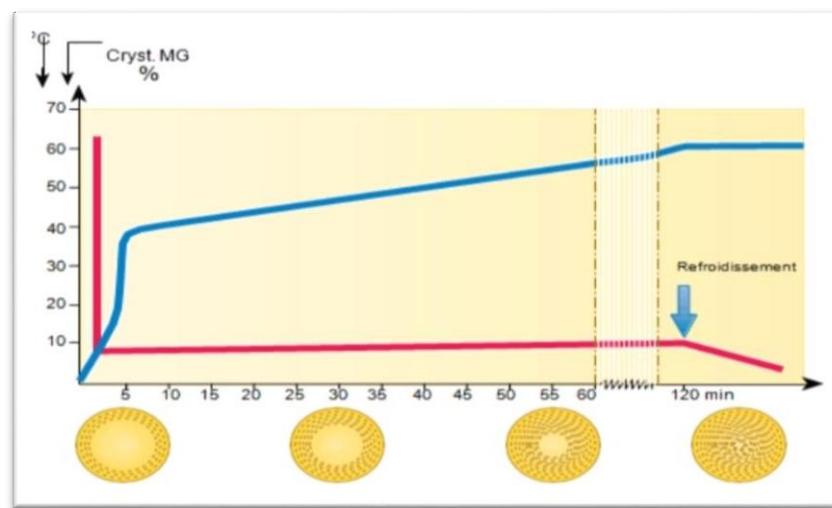


Figure 8: Processus de cristallisation de la crème (Tetra, 2003).

- **Maturation physique**

La maturation physique a pour but d'amener la matière grasse, compte tenu de sa composition et de l'état de fusion et de solidification de ses constituants, dans un état de cristallisation partielle permettant de conférer au beurre la consistance voulue. Cette maturation est particulièrement importante lorsque la matière grasse a été rendue liquide au cours de la pasteurisation ou l'écrémage à chaud, dans ce cas, sa cristallisation n'est complète qu'après un refroidissement vers 6-7°C (Lupien., 1995).

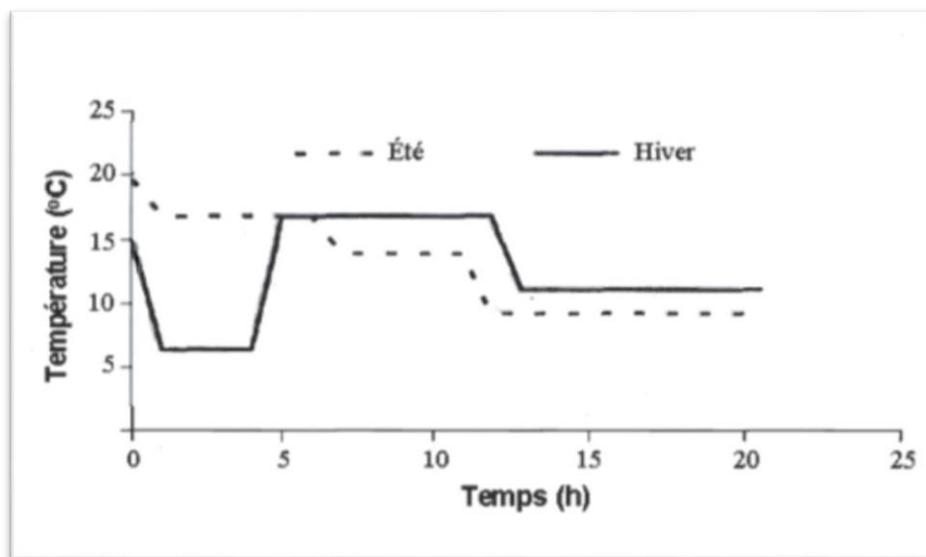


Figure 9: Courbes typiques de température-temps pour la maturation physique de la crème dans fabrication du beurre (MAHAUT et al., 2000).

Plus la température est basse, moins il y aura de matière grasse liquide. Un maintien de la crème à une température de 5 à 6°C pendant 2 heures a pour avantage de limiter les pertes en matière grasse dans le babeurre pour la crème acide.

Le taux optimal de MIG solide permettant de réaliser l'inversion de phase se situe autour de 30 à 40% de la MG totale. Un taux plus élevé provoque un barattage trop rapide et des pertes de MG importante dans le babeurre. Par contre, un taux trop faible retarde l'inversion de la phase (Boutonnier., 2007).

Selon (Mahaut *et al.*, 2000), deux paramètres interviennent au cours du refroidissement de la crème :

a) La température de refroidissement

Plus la température de refroidissement est basse, moins il y'aura de matière grasse liquide. Un maintien de la crème à une température de 5°C à 6°C pendant 2 heures a pour avantage de limiter les portes en matière grasse dans le babeurre à des niveaux de 0.2 0.3%.

b) La vitesse de refroidissement

Plus la vitesse de refroidissement est rapide, plus il y aura de matière grasse solide. Il se forme alors de nombreux points de cristallisation conduisant à une multitude de petites cristaux fins et homogènes dans une plage de température de fusion étroite. Quand la vitesse de refroidissement est lente, il se forme des gros cristaux qui conduisant à un beurre plus ferme.

• Maturation biologique

La maturation biologique permet d'acidifier la crème et développer un arôme marqué et typique, de favoriser l'inversion de phase par diminution du potentiel de surface des globules gras aux basse valeurs de pH et d'assurer une protection biologique vis- à vis des micro-organismes peuvent dégrader le beurre.

L'inconvénient majeur de la maturation biologique est qu'elle génère après un barattage un coproduit (babeurre) acide et aromatique difficile à stabiliser et à valoriser. L'ensemencement de la crème à 3-5% de bactéries lactiques s'effectue à l'aide d'une pompe doseuse.

Il peut être réalisé soit dès le début de la maturation physique permettant d'atteindre des pH inférieurs à 15°C pendant 10 à 12 heures, lorsque le pH atteint une valeur proche de « 5,5- 5,8 », la maturation est ralentie par un refroidissement e la crème à 8°C (Jeantet *et a.*, 2008).

4.4 Passage de la crème au beurre

A partir de la crème, le beurre est obtenu par barattage, inversion de phase qui consiste à transformer la crème, émulsion de matière grasse essentiellement sous forme de globules gras (phase discontinue) dans une solution aqueuse, en beurre, émulsion de solution aqueuse dans de la matière grasse.

Au cours de l'opération, il y a agglomération des globules, déstructuration et libération des triglycérides (solides et liquides) suivie d'une expulsion de la fraction non-grasse contenue dans la crème de départ. Le babeurre ; la matière grasse liquide libérée (glycérides à bas point de fusion) permet d'assurer la liaison intime entre les globules gras qui subsistent et les gouttelettes de babeurre. Trois procédés peuvent réaliser cette inversion de phase (Jeantet *et al.*, 2008).

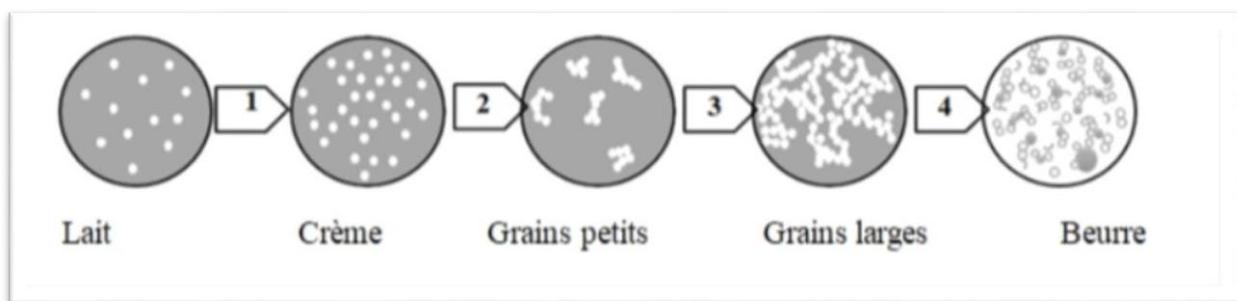


Figure 10: Etapes dans la formation du beurre (Mulder et Walsta., Mulderr1974).

4.5 Lavage

Il permet de refroidir et resserrer le gain, de diluer les gouttelettes de babeurre par de l'eau afin de limiter le développement microbien. En générale, Il est impossible de descendre en dessous de 0,5 à 1 % de non-gras, le lavage ne se justifie plus dans la fabrication du beurre pasteurisé. La production de beurre de crème douce ou de crème acide sans lavage s'est pratiquement généralisée (Jeantet *et al.*, 2008).

4.6 Malaxage

Le mélange est conçu pour disperser uniformément l'air, l'eau, le sel et composés aromatiques dans les substances butyriques pour continuer à expulser les graisses liquides et cristaux dans les globules gras endommagés par l'opération d'agitation. Il permet également le soudage des granulés de beurre et la pulvérisation des phases petites gouttelettes d'eau dans la graisse d'un diamètre moyen inférieur à 5 µm. Lorsqu'il est exécuté correctement, environ 1010 gouttes de non-matière grasse par gramme de beurre.

En général, il est recommandé de continuer à mélanger jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de gouttelettes visibles à l'intérieur du beurre Jusqu'à obtention d'une consistance ferme, texture cireuse et aspect brillant (Jeantet *et al.*, 2008).

4.7 Conditionnement

Le conditionnement est variable, selon le mode de distribution visé :

- En microformats pour la restauration individuelle ou collective,
- En plaquettes ou rouleaux (dont 70 % en plaquettes de 250 g destinées à la consommation familiale),
- En grands formats réservés aux industries agroalimentaires.

Les matériaux d'emballage utilisés incluent le papier, l'aluminium et certains plastiques thermoformés. Ils doivent assurer une bonne étanchéité ainsi qu'une protection efficace contre la lumière, l'oxygène et les odeurs de l'environnement (Jeantet *et al.*, 2008).

Partie pratique

Matériel & Méthodes

Ce travail était effectué dans la laiterie « Numidia » de Constantine, dont l'objectif de ce stage est d'assurer le suivi du processus technologique de fabrication du fromage fondu et du beurre, ainsi que le contrôle de la qualité du produit fini.

Ce travail est divisé en deux parties : la première partie concerne le suivi de la chaîne de production du beurre et du fromage fondu, tandis que la deuxième est consacrée à l'analyse de ces deux produits.

Les différentes analyses effectuées ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'unité.

I. Présentation de la laiterie Numidia (ex l'onalait)

1. Situation géographique

La laitière « **Numidia** » est une unité de production agroalimentaire située à environ 4 km au sud-est de la ville de Constantine, plus précisément dans la zone industrielle de **Chaab Ersas**. Ce site bénéficie d'un emplacement stratégique, à proximité des grands axes routiers facilitant l'approvisionnement en matières premières et la distribution des produits finis à l'échelle régionale et nationale.

Elle constitue la deuxième plus grande unité de production laitière de l'Est algérien, juste après celle d'Annaba.

Grâce à son infrastructure moderne et sa capacité de production importante, la laiterie Numidia joue un rôle clé dans le développement de l'industrie laitière de la région, en contribuant à la transformation du lait en divers produits dérivés tels que le fromage fondu, le beurre, le camembert et les yaourts.



Figure 11 : Industrie Numidia ex ONALAIT.

2. Présentation de laboratoire

L’unité de production laitière « Numidia » dispose de deux laboratoires distincts : un laboratoire physico-chimique et un laboratoire microbiologique. Ces laboratoires sont dotés de l’équipement nécessaire pour garantir la qualité et la sécurité des produits fabriqués. Ils permettent de réaliser un ensemble d’analyses indispensables au contrôle qualité, depuis les matières premières jusqu’au produit fini.

■ Laboratoire physico-chimique : il fonctionne en équipe pour assurer le bon déroulement des différentes analyses physico-chimiques. Parmi les principales analyses réalisées :

- La mesure du pH,
- La détermination du poids,
- L’évaluation de l’extrait sec (matière sèche),
- L’analyse de la teneur en matière grasse, etc.

Ces analyses permettent de vérifier la conformité des produits par rapport aux normes de qualité établies.

■ Laboratoire microbiologique : chargé du suivi de la qualité microbiologique des produits. Il effectue des analyses ciblant principalement la recherche et le dénombrement des germes pathogènes susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine. Parmi les micro-organismes recherchés :

- Les staphylocoques.
- Les salmonelles.
- Les coliformes et autres entérobactéries
- Listeria monocytogéne.

L'objectif est de garantir l'innocuité des produits finis avant leur commercialisation.

II. Matériel

Des équipements adaptés ont été utilisés pour réaliser les analyses nécessaires au contrôle de qualité du fromage fondu et du beurre, conformément aux méthodes normalisées de l'industrie agroalimentaire.

Verreries	Appareillages	Produits chimiques	Milieux de cultures
Des capsules, Godet +butyromètre, Bécher, Boites de pétris, les tubes à essais, spatule, les pipettes à écoulement	Centrifugeuses Dessiccateur La balance analytique PH-mètre Bain marie Bec-Bunsen	Acide sulfurique Acide iso-amylque Eau distillé	VRBG, Eau peptonée DCLA, bouillon Fraser Milieu de hektoen, ALOA FSF, bouillon Giolitti-Cantoni additionné de tellurite de potassium

III. Méthodes

1. Fabrication du beurre pasteurisé

La fabrication du beurre pasteurisé dans la laiterie « Numedia » suit une série des étapes rigoureuses afin de garantir un produit de qualité conforme aux normes agroalimentaires.

1.1 Réception et le contrôle du lait cru

Celui-ci est soumis à un premier contrôle en laboratoire afin d'assurer sa qualité et sa conformité aux normes sanitaires.

1.2 Filtration et refroidissent

Le lait cru est filtré afin d'éliminer les impuretés éventuelles, puis refroidi à une température comprise entre 4 à 6°C.

1.3 Stockage et réchauffage

Après le refroidissement, le lait est stocké dans un recevoir d'une capacité de 10000 litres, avant l'écrémage, il est réchauffé à une température de 65-70°C pour faciliter la séparation de la crème.

1.4 Ecrémage

C'est une étape qui sert à séparer la crème du lait écrémé. La teneur minimale en matière grasse de la crème obtenue est de 400 g/L. Dans cette étape, un second contrôle du laboratoire est effectué pour vérifier la composition et la valeur du produit.

1.5 Pasteurisation

La crème obtenue est ensuite pasteurisée à 90°C pendant 10 à 15 seconds afin d'éliminer les microorganismes pathogènes.

1.6 Refroidissement et maturation

La crème obtenue est refroidie à 6°C et soumis à une maturation pendant 12 h à 18h à l'aide des fermentations de types mésophiles qui vont augmenter l'acidité. Cette étape est essentielle pour développer les caractéristiques organoleptiques du beurre et favoriser la cristallisation des matières grasses.

1.7 Barattage et lavage

Cette étape provoque des chocs mécaniques sur la crème, la membrane de certains globules gras est rompue en libérant de la MG liquide qui favorise l'agglomération des globules gras restant « grains de beurre ».

Pour un bon barattage, il faut Remplir la baratte au maximum 40 à 50% de son volume :

- Favorise le moussage de la crème, faciliter le regroupement des globules gras et réduire la durée du barattage.
- Avoir une température de barattage comprise entre 9 à 12°C.

Le barattage peut durer entre 10 et 40 minutes, selon la qualité de la crème.

Le lavage : intervient quand les grains de beurre commencent à bien se former et s'altèrent avec les différentes étapes de malaxage. L'objectif de ces étapes est d'éliminer le babeurre, mais aussi de refroidir le beurre afin de ramifier pour un bon malaxage.

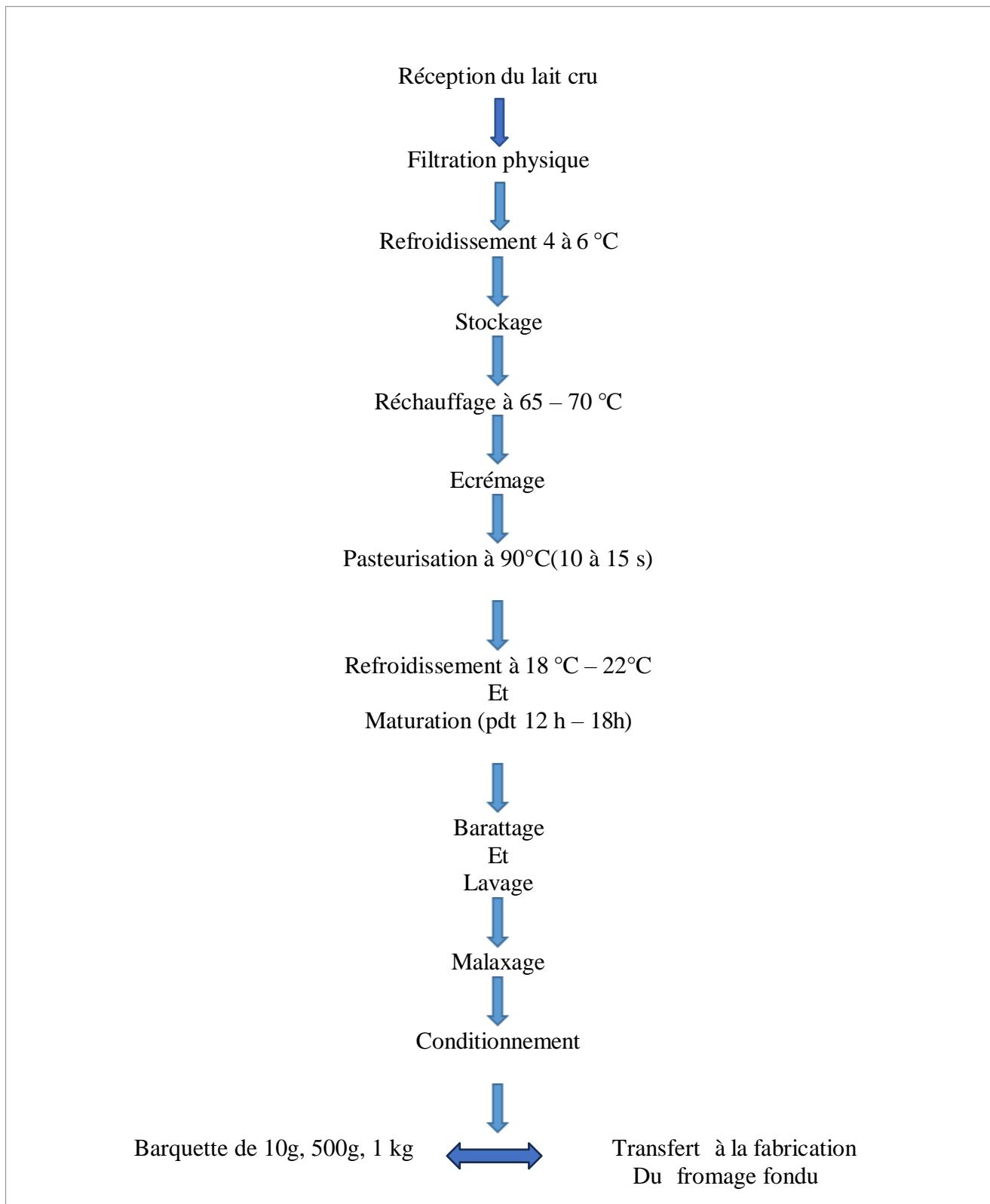
1.8 Malaxage

Le malaxage s'effectue dans la baratte à vitesse lente. Cette opération permet de regrouper les grains de beurre en masse homogène et d'éliminer le babeurre.

1.9 Conditionnement

- Le conditionnement se fait manuellement ou à l'aide d'une machine avec un emballage spécifique avant d'être distribué sur le marché.
- Contrôle qualité final
 - Vérification de la texture, de la couleur, du goût et de la consistance.
 - Analyse microbiologique pour s'assurer de l'absence de contamination.
- Stockage et distribution : les produits finis sont stockés en chambre froide avant d'être expédiés vers les points de vente.

Figure 12 : Diagramme de fabrication du beurre pasteurisé au sein de la laitière Numidia.



2. Fabrication du fromage fondu

Au sein de la laiterie « Numidia », la fabrication du fromage fondu repose sur un enchaînement d'étapes rigoureusement maîtrisées, garantissant un produit final de qualité, à la fois stable, fondant et conforme aux normes agroalimentaires.

2.1 Ingédients utilisés

- Fromages de base (pâtes pressées, fromages frais, etc.)
- Beurre (source de matière grasse laitière).
- Lait en poudre (permet d'ajuster la teneur en matière sèche).
- Sels de fonte (phosphates ou citrates, utilisés comme émulsifiants).

2.2 Broyage et mélange des ingrédients

- Découpage et broyage

Les morceaux de fromage sont découpés en petits morceaux pour faciliter leur fusion. Un broyage mécanique est effectué pour obtenir une pâte homogène et bien répartir les ingrédients.

- Ajout des sels de fonte

Incorporation des sels émulsifiants (phosphates, citrates) qui permettent de stabiliser l'émulsion des matières grasses et des protéines. Les sels de fonte favorisent aussi la fusion homogène du fromage lors du chauffage.

- Homogénéisation du mélange

Le mélange est remué mécaniquement pour assurer une bonne dispersion des composants.

2.3 Cuisson et fonte du fromage

Le mélange est chauffé dans un cuiseur industriel à 82-90°C pendant 10 minutes. Le chauffage se fait sous agitation constante pour éviter les grumeaux et assurer une texture lisse.

- Phases de la cuisson

Les 3 premières minutes : Assemblage des ingrédients, activation des sels de fonte.

Les 7 minutes suivantes : Cuisson sous vapeur pour garantir une fusion homogène et éliminer les éventuelles bactéries.

2.4 Écrémage (Séparation et affinage de la texture)

Cette étape permet d'éliminer l'excès de matière grasse et de réguler l'humidité du produit fini, elle contribue aussi à améliorer la texture et l'onctuosité du fromage fondu.

2.5 Refroidissement primaire

Après la cuisson, le fromage fondu est refroidi à une température intermédiaire pour stabiliser l'émulsion. Ce refroidissement permet d'éviter la séparation des phases (matières grasses/eau).

2.6 Remplissage

Par une remplisseuse, qui est une Machine de thermoformage avec dosage intégré : Utilisée pour le conditionnement en portions individuelles emballées.

2.7 Conditionnement

Le fromage fondu est conditionné à l'état liquide pour une répartition homogène, en portions ou barquettes. L'emballage automatisé assure hygiène, précision et respect des normes de sécurité alimentaire

2.8 Refroidissement final et stockage

- ❖ Refroidissement progressif

Après conditionnement, le fromage est refroidi progressivement à une température de stockage comprise entre 2 et 6°C.

- ❖ Contrôle qualité final

-Vérification de la texture, de la couleur, du goût et de la consistance.

-Analyse microbiologique pour s'assurer de l'absence de contamination.

- ❖ Stockage et distribution

Les produits finis sont stockés en chambre froide avant d'être expédiés vers les points de vente.

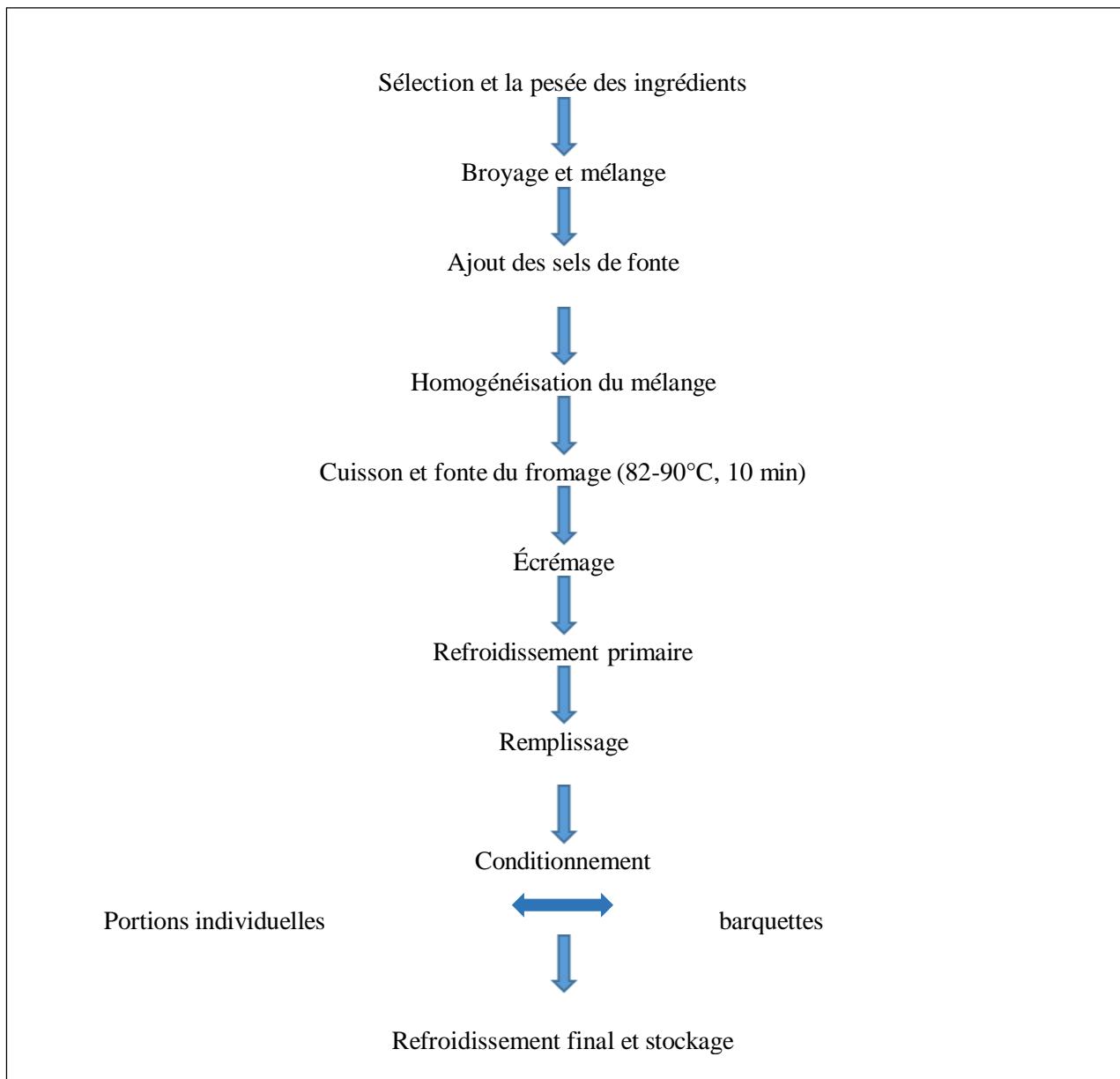


Figure 13 : Diagramme de fabrication du fromage fondu au sein de la laitière Numidia.

3. Contrôle physico-chimique des produits laitiers (fromage, beurre)

Le contrôle physico-chimique des produits finis, concerne la détermination des différents paramètres (pH, extrait sec total, extrait sec dégraissé, matière grasse)

3.1 Détermination du pH (acidité)

Cette méthode décrit la mesure de l'acidité ionique du fromage, elle consiste à introduire délicatement l'électrode du pH-mètre dans le fromage en réglant le correcteur de la température. La valeur du ph est lue directement sur ph mètre.

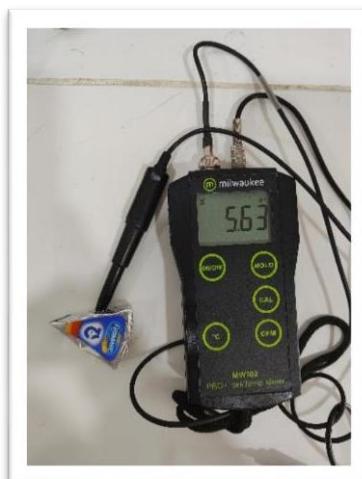


Figure 14 : pH- mètre électronique.

3.2 Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1986)

Cette méthode repose sur la dessiccation par évaporation d'une quantité déterminée de la prise d'essai. EST : est exprimé en pourcentage

- ❖ Mode opératoire

Étaler uniformément 2 g de l'échantillon sur une capsule (fromage au beurre), puis le placer dans le dessiccateur jusqu'à l'arrêt automatique. Le processus de séchage est alors terminé, et la détermination de la matière sèche est donnée automatiquement.



Figure 15: Dessiccateur RADWAG MAC 110.

3.3 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique

Le principe de la méthode GERBER (butyrométrique) est basé sur la dissolution des éléments de fromage par addition d'acide sulfurique ($d=1,575$) et la séparation de la matière grasse dans un butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une quantité d'alcool iso amylique (AFNOR, 1986). Le mode opératoire est déjà décrit précédemment.

- Mode opératoire
 - ❖ Préparation de l'échantillon : Pesar 3 g pour le fromage et 5 g pour le beurre et l'introduire dans un butyromètre.
 - ❖ Ajouter des réactifs : Ajouter 9 ml d'acide sulfurique (permet la digestion des protéines et la libération des graisses), puis ajouter 1 ml d'acide iso-amylque (facilite la séparation des graisses).
 - ❖ Dilution et homogénéisation : Compléter avec de l'eau jusqu'à la moitié du butyromètre, Puis mélanger soigneusement pour obtenir un mélange homogène.
 - ❖ Chauffage au bain-marie : placer le butyromètre dans un bain-marie à 65°C et laisser fondre les composants pendant 2 à 3 heures.
 - ❖ Centrifugation : placer le butyromètre dans une centrifugeuse, et faire tourner pour séparer la matière grasse du reste du mélange.
 - Lecture des résultats

La teneur en matière grasse est observée sur l'échelle graduée du butyromètre.

3.4 Détermination de l'extrait sec dégraissé (uniquement pour le beurre)

L'extrait sec du beurre est déterminé indirectement à partir de la teneur en eau et en matières grasses

$$\text{Extrait sec dégraissé (\%)} = 100 - (\text{Humidité (\%)} + \text{Matière grasse (\%)})$$

4. Contrôle microbiologique des produits laitiers (fromage fondu, beurre)

Les germes recherchés sont ceux qui sont indiqués dans le journal officiel. Ce sont les germes indicateurs de l'état microbiologique des produits laitiers, leur dénombrement et recherche donnent une idée globale du niveau de contamination du produit.

Tableau 5:Germes rechercher au sein de la laitière Numidia

Germes recherchés	Fromage fondu	Beurre pasteurisé
Coliformes (<i>E. coli</i>)	✓	X
Staphylococcus à coagulase +	✓	✓
Salmonella	✓	✓
Enterobacteriacea	X	✓
Listeria monocytogénè	✓	✓

4.1 Préparation des dilutions décimales

La préparation des dilutions décimales constitue une étape essentielle en microbiologie alimentaire. Elle permet d'obtenir des concentrations adaptées pour le dénombrement des micro-organismes présents dans un échantillon, tout en garantissant la fiabilité et la reproductibilité des résultats.

- ✓ Prélever 10 g de l'échantillon (fromage fondu ou beurre) de manière aseptique.
- ✓ Introduire l'échantillon dans un tube à essai contenant 90 mL d'eau peptonée tamponnée stérile (diluant).
- ✓ Préparer une série de dilutions décimales successives
 - Prélever 1 mL de la dilution précédente à l'aide une pipette à écoulement totale.
 - Le transférer dans 9 mL de diluant stérile pour obtenir la dilution suivante (10^{-2} , 10^{-3} , etc.).

4.2 Recherche et dénombrement des germes

4.2.1 Recherche des Salmonelles

Les salmonelles sont des micro-organismes formant des colonies typiques sur des milieux sélectifs solides et possédant des caractéristiques biochimiques et sérologiques décrites lorsque les essais sont effectués conformément à la méthode (J.O.R. A, N°42., 2015).

La recherche des Salmonelles se fait en trois étapes :

- ◆ Un pré-enrichissement qui consiste à mélanger 25 g de produit avec 225ml d'EPT, puis les incuber à 37°C pendant 18 à 24 h.
 - ◆ L'enrichissement est réalisé à partir du pré-enrichissement (milieu après incubation). 1 ml du milieu est prélevé et introduit dans un tube contenant 9 ml de SFB l'incubation est faite à 37°C pendant 24 à 48 h.
 - ◆ La troisième étape est l'isolement, elle consiste à prélever un inoculum du milieu enrichi et faire un ensemencement dans des boites de Pétri contenant le milieu Hektoen et les incuber à 37°C pendant 24 h. La technique d'ensemencement utilisée est celle des stries.
- Lecture : les salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4 mm de diamètre et de couleur bleu verdâtre avec ou sans centre noir. Les résultats sont exprimés par la présence ou absence de germe.

4.2.2 *Listeria monocytogéne*

Une espèce type de *Listeria* pathogène et qui peut être différencier des autres espèces car elle présente des caractéristiques biochimiques spécifiques

- Mode opératoire
- ❖ Selon l'extrait du protocole J.O.R.A basé sur les normes AFNOR / ISO 11290-1, la procédure consiste à homogénéiser 25 g ou 25 ml du beurre dans le bouillon Fraser demi-concentré, puis à incuber à 30°C pendant 24 heures.
- ❖ Après cette étape, 1 mL du bouillon enrichi est transféré dans 10 mL de bouillon Fraser complet pour un enrichissement secondaire à 37°C pendant 24 heures. Cette phase permet de favoriser la croissance des *Listeria*.
- ❖ Après incubation dans le bouillon Fraser. Une pipette Pasteur est utilisée pour prélever une boucle du bouillon enrichi et l'ensemencer sur la surface de la gélose ALOA par épuisement.
- Lecture

Après incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures, *Listeria monocytogenes* apparaît sous forme de colonies bleu-vert avec un halo opaque autour ils ont un diamètre moyen de 1 à 3 mm.

4.2.3 Dénombrement des entérobactéries

Les entérobactéries sont utilisées comme marqueur de contamination fécale. Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le VRBG.

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 mL d'échantillon dans une boîte de Pétri stérile. À cela, on ajoute 15 à 20 mL de milieu VRBG fondu et faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme « 8 » puis maintenu à une température d'environ 30°C sur paillasse (ISO-21528).

Après solidification du milieu, les boîtes sont placées en incubation à 37°C pendant 24 heures. Cette température permet la croissance sélective des entérobactéries. Une fois l'incubation terminée, le dénombrement des colonies caractéristiques est effectué afin d'évaluer la charge microbienne présente dans l'échantillon de beurre (ISO-21528).

- Lecture

Les entérobactéries forment des colonies roses-rouges (glucose +) de 0,5 mm de diamètre et avec une zone de précipitation de la bile. Seules les boîtes comprenant entre 30 à 300 colonies sont décomptées. Les résultats sont exprimés en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit (ISO-21528).

4.2.4 Dénombrement des coliformes fécaux (CF) (*E. coli*)

Les coliformes sont des bactéries de la famille des entérobactéries. Leur présence est un indice de contamination fécale. Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le DCL préalablement régénéré.

- Mode opératoire

Un ensemencement en masse est effectué. 1 ml des solutions décimales est versé dans chaque boîte de Pétri, puis recouvert avec 15 à 20 ml de la gélose DCL. Les boîtes sont incubées à 44°C pendant 24h. (J.R.O. N°70.,2007).

- Lecture

La présence des coliformes se caractérise par l'apparition de colonies rouge de 0,5 mm de diamètres. Seules les boîtes comprenant entre 30 à 300 colonies sont décomptées. Les résultats sont exprimés en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit.

4.2.5 Recherche des *Staphylococcus* à coagulase + (*S. aureus*)

Staphylococcus aureus est un germe sensible à la température et l'acidité du milieu, mais tolère des concentrations élevées en Na Cl. Ces bactéries peuvent être différenciées par la dégradation du mannitol sur milieu Chapman. La présence des *Staphylococcus* dans les denrées alimentaires est un indice de contamination humaine.

- Mode opératoire

A partir des solutions décimales prélever 1 mL de chaque dilution un ensemencement en surface est effectué sur gélose Baird-Parker, supplémentée par tellurite de potassium et émulsion de jaune d'œuf, les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 à 48 h (J.R.N.O N°70.,2004).

- Lecture

Les espèces *S. aureus* se caractérisent par la présence d'un halo jaune autour de la colonie de taille moyenne, lisses, brillantes et ont une couleur jaune-doré indiquant la fermentation du mannitol par la bactérie.

Résultats et discussion

I. Résultats du contrôle physico chimique

Dans le cadre de cette étude, des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur cinq lots de fromage fondu et de beurre, afin d'évaluer leur conformité aux exigences en matière de qualité et de sécurité alimentaire.

1. Beurre

1.1 Matière grasse

Les résultats présentés dans la figure 18 montrent la variation de la teneur en matière grasse dans les différents lots du beurre.

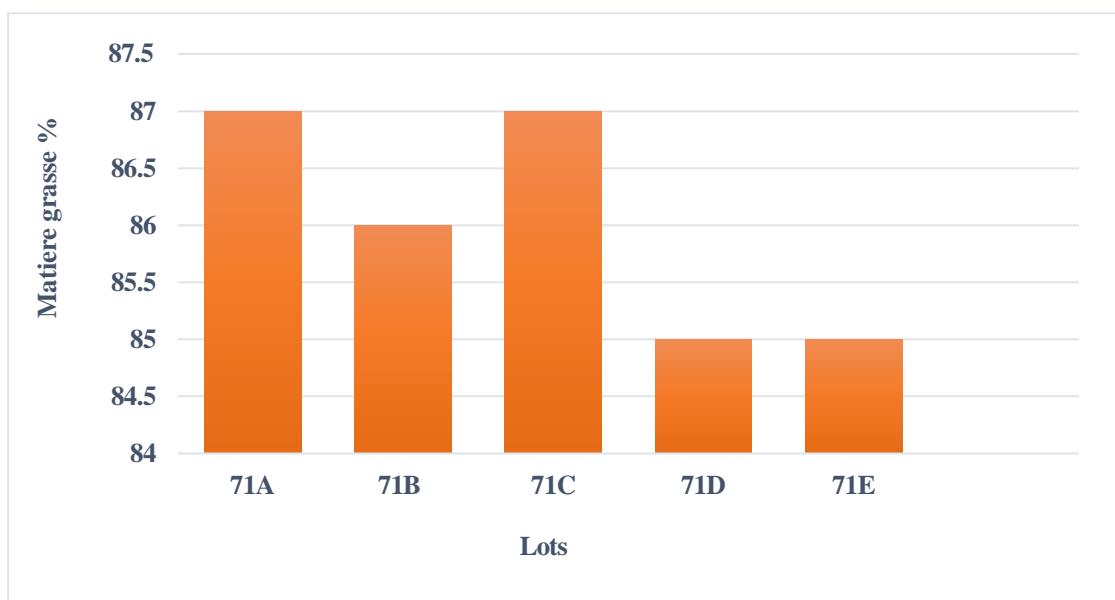


Figure 16: Teneur en matière grasse dans le beurre.

Selon l'arrêté du 10 décembre 1998 relatif aux spécifications techniques des beurres et aux modalités de leur mise à la consommation, publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne, le beurre doit contenir une teneur minimale en matière grasse laitière de 82 % (journal officiel N°96., 1998).

Les échantillons analysés dans cette étude présentent une teneur en matière grasse comprise entre 85 % et 87 %, ce qui les place au-dessus du seuil réglementaire. Cette élévation est généralement perçue comme un indicateur positif, car une teneur plus élevée en matière grasse contribue à améliorer la texture, la saveur et la valeur énergétique du produit. Ainsi, plus la matière grasse est présente en quantité suffisante, plus le produit est jugé de bonne qualité. Ces

résultats traduisent donc une bonne maîtrise du procédé de fabrication et la conformité des échantillons aux standards exigés.

1.2 Extrait sec

Les résultats présentés dans la figure 19 illustrent la variation du taux de l'extrait sec dans les différents lots.

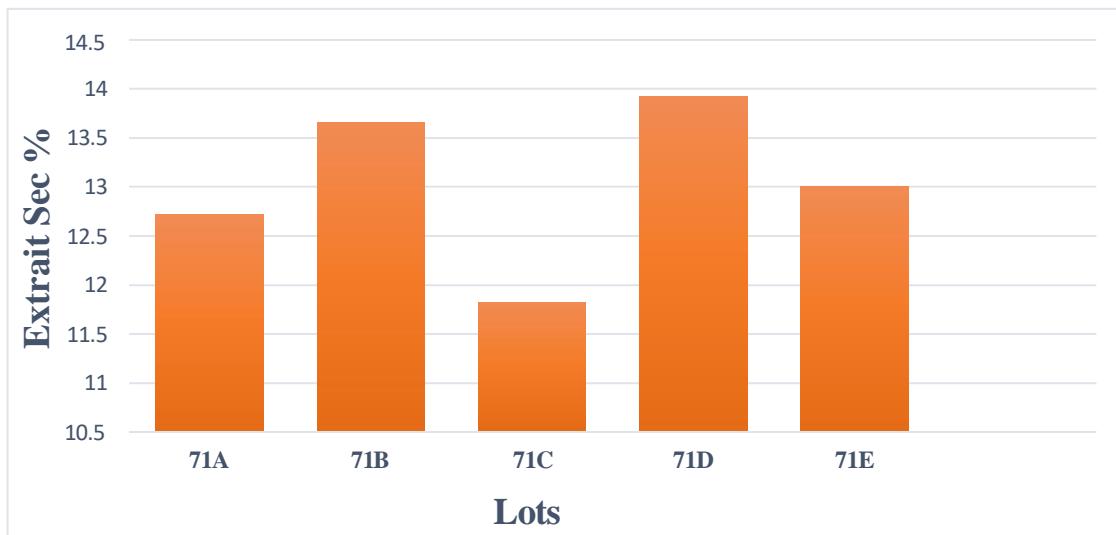


Figure 17 : Taux d'extrait sec dans les différents lots.

Selon Veisseyre (1979), l'humidité constitue l'un des principaux facteurs influençant le développement des micro-organismes dans les produits alimentaires. Une teneur en eau trop élevée favorise la prolifération bactérienne et peut compromettre la stabilité microbiologique du beurre.

D'après les analyses réalisées dans le cadre de cette étude, la teneur en humidité des échantillons se situe entre 12 % et 14 %. Ces valeurs sont conformes aux normes en vigueur fixées par la réglementation algérienne, qui tolère une humidité maximale avoisinant les 16 %.

Ainsi, les échantillons étudiés présentent une humidité jugée normale et satisfaisante du point de vue de la qualité sanitaire et de la conservation du produit.

1.3 Extrait sec dégraissé

La figure 20 présente l'évolution du taux de l'extrait sec dégraissé dans les différents lots du beurre.

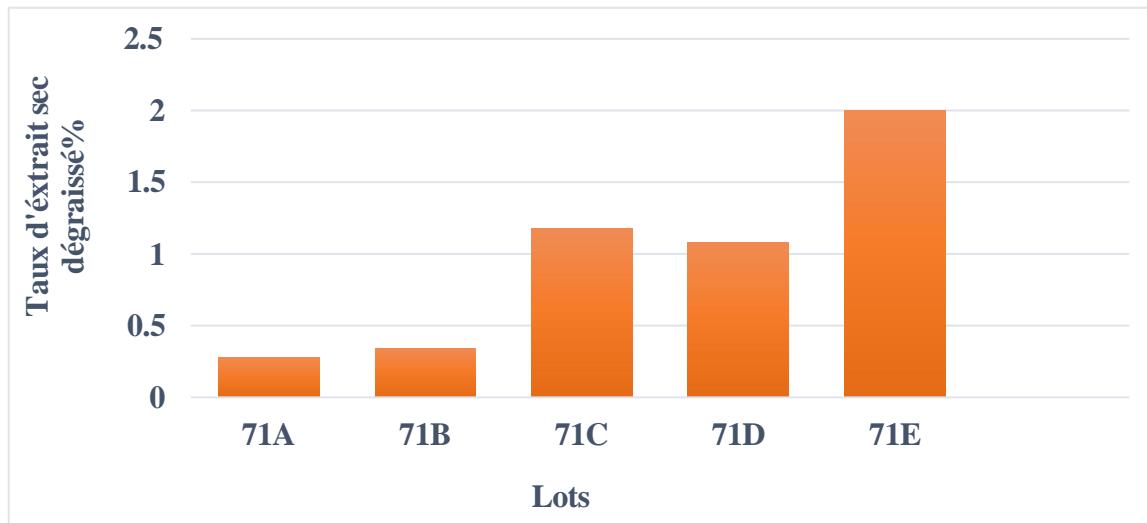


Figure 18: Taux d'extrait sec dégraissé dans des différents lots.

La mesure de l'extrait sec dégraissé permet d'apprécier la proportion des constituants non gras du beurre, tels que les protéines, le lactose et les sels minéraux. Ces éléments jouent un rôle important dans les propriétés nutritionnelles et la stabilité du produit.

Dans les échantillons analysés, les teneurs en extract sec dégraissé varient de 0,28 % à 2 %. Les échantillons 71A et 71B présentent des valeurs légèrement inférieures à la norme algérienne, qui fixe une teneur minimale de 1 % selon le Journal Officiel de 1998. Cette non-conformité pourrait s'expliquer par un excès d'humidité ou un défaut lors de la séparation de la matière grasse, entraînant une dilution des constituants secs non gras.

En revanche, les autres échantillons se situent dans la fourchette réglementaire (1 % à 2 %). Ces résultats indiquent une conformité avec les exigences réglementaires et assurent une bonne qualité nutritionnelle et technologique du beurre concerné.

2. Fromage

L'analyse physico-chimique du fromage fondu permet d'évaluer ses caractéristiques nutritionnelles et technologiques. Elle porte notamment sur des paramètres tels que la matière grasse, le pH et l'extrait sec.

2.1 L'acidité

Les résultats présentés dans la figure 21 illustrent la variation du PH dans les différents lots du fromage fondu.



Figure 19: Valeurs du PH de fromage dans les différents lots.

Les valeurs moyennes du pH des échantillons de fromages fondu analysés sont comprises entre 5,66 et 5,76. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature, notamment celles rapportées par Patart (1987), qui indique que le pH d'un fromage fondu se situe généralement entre 5,3 et 5,8.

Les échantillons étudiés présentent donc un pH conforme aux normes attendues pour ce type de produit.

2.2 Extrait sec total

La figure 22 présente l'évolution du taux de l'extrait sec total dans les différents lots du fromage fondu.

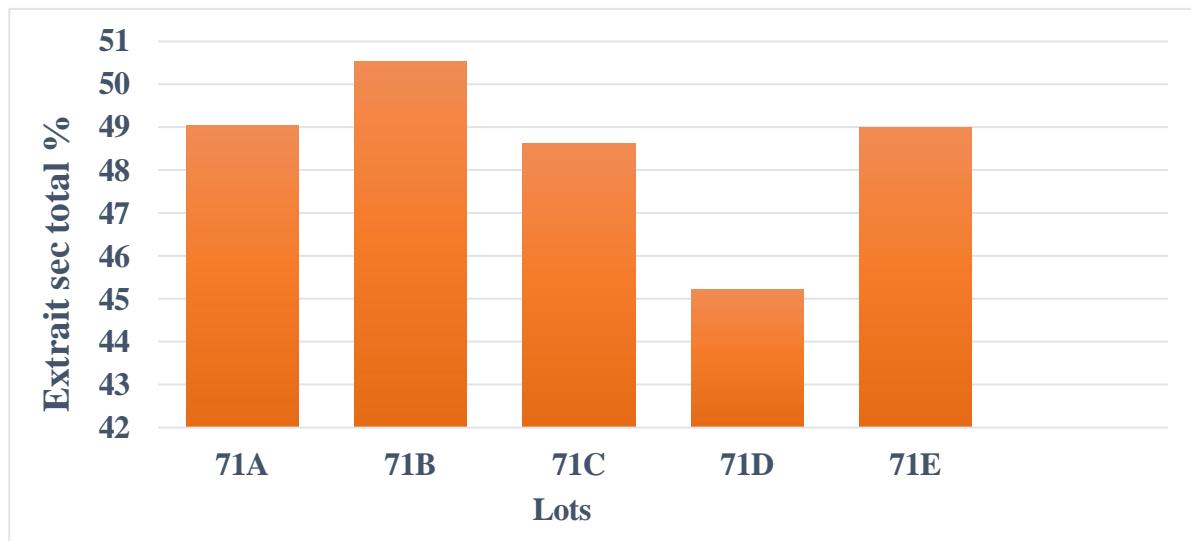


Figure 20: L'extrait sec total de fromage fondu dans les différents lots.

Selon les normes de la République algérienne, la teneur minimale en extrait sec du fromage est fixée à 23 % (Journal Officiel n° 37., 2022).

Les analyses réalisées ont révélé une teneur en extrait sec comprise entre 48 % et 50 %, traduisant une concentration élevée en matières sèches et une faible teneur en eau, ce qui constitue un indicateur favorable de la qualité du produit.

2.3 Taux de matière grasse sur l'extrait sec

Les résultats représentés dans la figure 23 montrent la teneur en matière grasse et le taux de la matière grasse sur l'extrait sec du fromage fondu dans les différents lots.

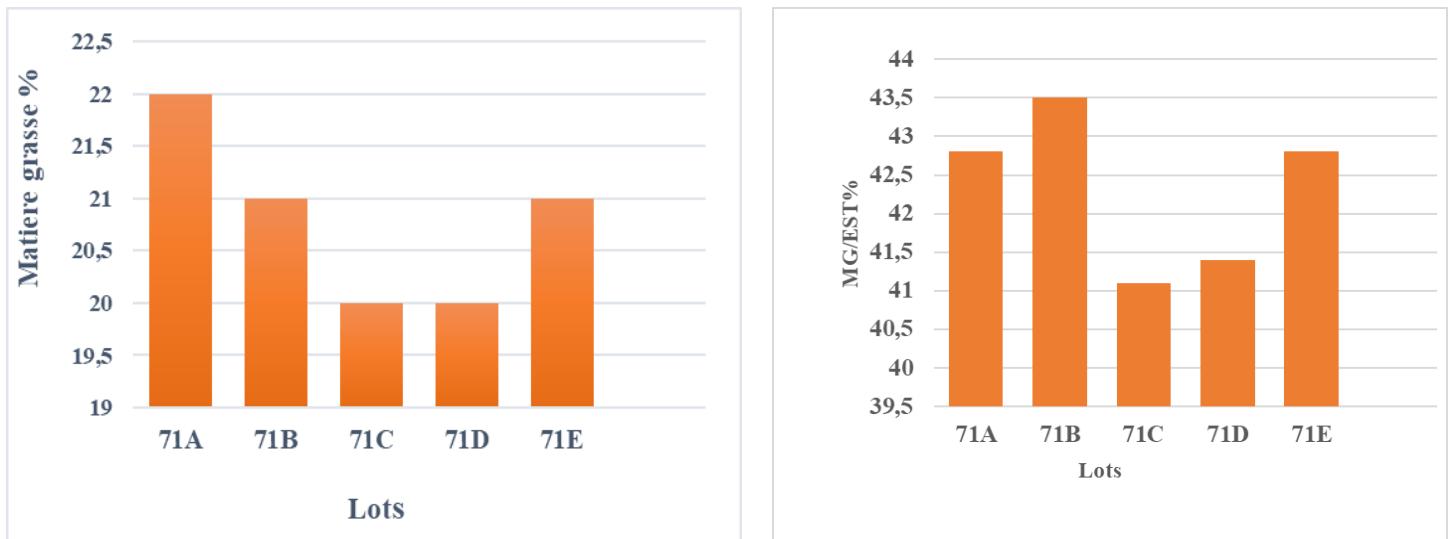


Figure 23 : Taux de la matière grasse sur l'extrait sec total selon les lots.

Les analyses de la matière grasse ont donné des résultats variants entre 20 % et 22 %. En rapportant cette teneur à l'extrait sec total, la matière grasse sur extrait sec (MG/ES) se situe entre 40 % ($20/50 \times 100$) et 45,8 % ($22/48 \times 100$).

D'après les normes algériennes en vigueur, un fromage fondu est considéré comme « à haute teneur en matière grasse » lorsque sa MG/ES est supérieure ou égale à 40 %. Ainsi, les résultats obtenus classent ce produit dans cette catégorie.

II. Résultats du contrôle microbiologique

Le contrôle microbiologique est essentiel pour garantir la sécurité sanitaire des denrées alimentaires, conformément aux exigences fixées par la réglementation en vigueur (Journal Officiel de la République algérienne N°39., 2017).

Dans le cadre de cette étude, des analyses microbiologiques ont été effectuées sur cinq échantillons pour chacun des cinq lots, en vue de vérifier leur conformité aux critères microbiologiques établis.

1. Beurre

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur différents lots du beurre pasteurisés. Ces analyses visent à vérifier la conformité du produit aux normes sanitaires en vigueur.

Tableau 6:Résultats des analyses microbiologiques du beurre pasteurisé aux normes réglementaires.

	Echantillant	<i>Enterobacteriacea</i>	<i>Staphylocoques à coagulase+</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria monocytogéne</i>
Lot 71A	E1	0	0	Abs	0
	E2	0	0	Abs	0
	E3	0	0	Abs	0
	E4	0	0	Abs	0
	E5	0	0	Abs	0
Lot 71B	E1	0	0	Abs	0
	E2	0	0	Abs	0
	E3	0	0	Abs	0
	E4	0	0	Abs	0
	E5	0	0	Abs	0
Lot 71C	E1	0	0	Abs	0
	E2	0	0	Ans	0
	E3	0	0	Abs	0
	E4	0	0	Abs	0
	E5	0	0	Abs	0
Lot 71D	E1	0	0	Abs	0
	E2	0	0	Abs	0
	E3	0	0	Abs	0
	E4	0	0	Abs	0
	E5	0	0	Abs	0
Lot 71E	E1	0	0	Abs	0
	E2	0	0	Abs	0
	E3	0	0	Abs	0
	E4	0	0	Abs	0
	E5	0	0	Abs	0
	Normes	10^2 UFC/ml	10^2 UFC/ml	Absence dans 25g	100

2. Fromage fondu

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur différents lots du beurre pasteurisés. Ces analyses visent à vérifier la conformité du produit aux normes sanitaires en vigores.

Tableau 7:Résultats des analyses microbiologiques du fromage comparés aux normes réglementaires.

	Echantillant	<i>E. coli</i>	<i>Staphylocoqu es à coagulase+</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria monocytogéne</i>
Lot 71A	E1	Aucune colonie	0	Abs	0
	E2	Aucune colonie	0	Abs	0
	E3	Aucune colonie	0	Abs	0
	E4	Aucune colonie	0	Abs	0
	E5	Aucune colonie	0	Abs	0
Lot 71B	E1	Aucune colonie	0	Abs	0
	E2	Aucune colonie	0	Abs	0
	E3	Aucune colonie	0	Abs	0
	E4	Aucune colonie	0	Abs	0
	E5	Aucune colonie	0	Abs	0
Lot 71C	E1	Aucune colonie	0	Abs	0
	E2	Aucune colonie	0	Ans	0
	E3	Aucune colonie	0	Abs	0
	E4	Aucune colonie	0	Abs	0
	E5	Aucune colonie	0	Abs	0
Lot 71D	E1	Aucune colonie	0	Abs	0
	E2	Aucune colonie	0	Abs	0
	E3	Aucune colonie	0	Abs	0
	E4	Aucune colonie	0	Abs	0
	E5	Aucune colonie	0	Abs	0
Lot 71E	E1	Aucune colonie	0	Abs	0
	E2	Aucune colonie	0	Abs	0
	E3	Aucune colonie	0	Abs	0
	E4	Aucune colonie	0	Abs	0
	E5	Aucune colonie	0	Abs	0
	Normes	$10^2 - 10^3$ UFC/ml	10^2 UFC/ml	Absence dans 25g	100

2.1 *Listeria monocytogenes*

L'examen microbiologique des échantillons de beurre pasteurisé et de fromage fondu a révélé l'absence totale de *Listeria monocytogenes*.

Ce résultat est conforme aux exigences réglementaires fixées par le Journal Officiel de la République Algérienne, qui imposent l'absence de cette bactérie pathogène dans un échantillon de 100 g de produit.

Le contrôle de ce contaminant est essentiel, car *Listeria monocytogenes* est responsable de la listérose, une infection grave touchant principalement les personnes immunodéprimées, les femmes enceintes et les sujets âgés.

2.2 *Salmonella spp*

Selon les résultats obtenus lors des analyses microbiologiques réalisées sur 25 échantillons de beurre et de fromage fondu, aucune présence de *Salmonella spp* n'a été détectée. Cette absence est conforme aux exigences microbiologiques fixées par le Journal Officiel de la République Algérienne n° 37 de 2017, qui stipule que *Salmonella* doit être totalement absente dans 25 g d'échantillon pour ce type de produits.

Salmonella est un agent pathogène de référence en matière de sécurité alimentaire, reste l'un des agents les plus fréquemment impliqués dans les toxi-infections alimentaires collectives (TIAC).

L'absence de ce germe dans les échantillons analysés témoigne d'une maîtrise satisfaisante de l'hygiène durant les différentes étapes de fabrication.

2.3 Staphylocoques à coagulase positive

En ce qui concerne les *staphylocoques à coagulase positive*, comme *Staphylococcus aureus*, aucune croissance bactérienne n'a été observée dans les échantillons testés. La réglementation autorise un seuil maximal de 10² UFC/g pour cette bactérie dans les produits laitiers, en dessous duquel aucune mesure n'est nécessaire.

L'absence de cette bactérie indique que les pratiques d'hygiène pendant la manipulation et le conditionnement du beurre ont été bien respectées, éliminant ainsi le risque de production d'entérotoxines.

2.4 Entérobactéries (*Enterobacteriaceae*)

Pour terminer, l'examen des entérobactéries a révélé leur complète absence dans tous les échantillons, bien en dessous de la limite réglementaire de 10^2 UFC/g.

Les entérobactéries servent d'indicateurs d'hygiène pouvant témoigner d'une contamination fécale ou d'un problème dans la procédure thermique.

Leur non-détection démontre l'efficacité du traitement thermique (pasteurisation) ainsi que des conditions sanitaires adéquates durant la production.

2.5 *Escherichia coli*

L'analyse des échantillons mis en évidence l'absence intégrale de colonies d'*Escherichia coli*s, ce qui est largement conforme à la limite réglementaire de 10^2 UFC/g.

E. coli est un indicateur d'hygiène des processus, et son absence dans tous les échantillons confirme un contrôle efficace des conditions sanitaires tout au long de la fabrication du fromage fondu.

Conclusion

Avant la mise sur le marché d'un produit laitier, l'étape la plus essentielle demeure le contrôle physico-chimique et microbiologique, garantissant sa qualité, sa sécurité sanitaire et sa conformité avec la réglementation en vigueur. En Algérie, la production et la commercialisation des denrées alimentaires, notamment les produits laitiers, sont strictement régies par les textes publiés dans le Journal Officiel, incluant les décrets exécutifs relatifs à la sécurité sanitaire, aux normes d'hygiène, ainsi qu'aux exigences de traçabilité et d'étiquetage.

Cette étude a été menée au sein de la Laiterie Numidia dans le but de s'assurer que les produits élaborés — en particulier le fromage fondu et le beurre pasteurisé — respectent les exigences réglementaires algériennes, condition indispensable à leur mise sur le marché et à la satisfaction des attentes des consommateurs.

Les résultats obtenus démontrent que les dispositifs de contrôle appliqués garantissent l'innocuité, la qualité et la stabilité des produits. La conformité aux critères microbiologiques, la régulation des paramètres physico-chimiques et l'évaluation sensorielle confirment que les produits finis sont propres à la consommation et répondent pleinement aux normes en vigueur.

Afin d'assurer la qualité des produits laitiers, divers tests physico-chimiques et microbiologiques sont effectués pour garantir la sécurité des aliments et leur conformité aux exigences réglementaires de la République algérienne.

L'objet de ce travail a été réalisé dans le but de suivre le processus de fabrication du beurre et du fromage fondu au sein de la laiterie Numidia de Constantine, ainsi que de contrôler la qualité des produits finis à travers des analyses effectuées en laboratoire.

Le contrôle qualité a été mené à travers des analyses physico-chimiques portant sur des paramètres tels que le pH, l'extrait sec, la matière grasse, ainsi que l'extrait sec du beurre. Les résultats obtenus se sont révélés conformes aux normes définies par la réglementation algérienne. En parallèle, un contrôle microbiologique a été effectué conformément aux exigences du Journal Officiel algérien n°37 de 2017, portant sur la recherche de germes pathogènes spécifiques tels que Listeria monocytogenes, Salmonella, Escherichia coli et Staphylococcus à coagulase positive. Les résultats de ces analyses ont confirmé la conformité des produits aux critères réglementaires en vigueur.

Mots-clefs : beurre, fromage fondu, contrôle microbiologique, contrôle physico-chimique.

In order to ensure the quality of dairy products, various physicochemical and microbiological tests are carried out to guarantee food safety and compliance with the regulatory requirements of the People's Democratic Republic of Algeria.

The objective of this work was to monitor the manufacturing process of butter and processed cheese at the Numidia dairy in Constantine, as well as to assess the quality of the final products through laboratory analyses.

Quality control was carried out through physicochemical analyses focusing on parameters such as pH, dry matter, fat content, and the dry extract of butter. The results obtained were found to be in accordance with the standards defined by Algerian regulations.

In parallel, microbiological control was conducted in compliance with the requirements of the Algerian Official Journal No. 37 of 2017, targeting specific pathogenic microorganisms such as *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, and coagulase-positive *Staphylococcus*. The results of these analyses confirmed that the products complied with the applicable regulatory standards.

Keywords : Butter, processed cheese , microbiological control , physicochemical control .

من أجل ضمان جودة المنتجات اللبنية، تُجرى اختبارات فيزيائية-كيميائية وميكروبيولوجية متنوعة لضمان سلامة الأغذية وتوافقها مع المتطلبات التنظيمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.

لقد تم إنجاز هذا العمل بهدف متابعة عملية تصنيع الزبدة والجبن المطبوخ داخل ملبة نوميديا بقسنطينة، بالإضافة إلى مراقبة جودة المنتجات النهائية من خلال التحاليل المخبرية.

وقد تم إجراء مراقبة الجريدة عبر تحاليل فيزيائية-كيميائية شملت قياس مؤشرات مثل الرقم الهيدروجيني(pH) ، المادة الدهنية، نسبة المادة الدهنية، وكذلك المادة الدهنية في الزبدة. وقد أظهرت النتائج توافقها مع المعايير المحددة في التنظيم الجزائري. وفي الوقت نفسه، تم إجراء مراقبة ميكروبيولوجية وفقاً لمتطلبات الجريدة

الرسمية

حيث تم في سنة 2017، رقم 37،

البحث عن جراثيم ممرضة محددة مثل *Listeria monocytogenes* و *Escherichia coli* و *Salmonella* و *Staphylococcus* و *Enterococcus*.

الكلمات المفتاحية: الزبدة، الجبن المطبوخ ، الاختبارات فيزيائية كيميائية، اختبارات ميكروبيولوجية.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **Acem K (2016).** Technologie des corps gras alimentaires, Ed universitaires européennes. P 26-27
- **Afnor. (1999).** Lait et produits laitiers. Volume 2 : Produits laitiers. Edition : AFNOR, Paris. pp. 300-301.
- **Afnor (1980).** lait produit laitiers : méthodes d'analyse, AFNOR, paris.
- **Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (ANSES) 2020.**
- **Anonyme 1 : « Le Cheese Geek ».** "Connaissez-vous les 7 différentes familles de fromages ?". Consulté le 24 mai 2025 <https://lecheesegEEK.fr/blog/articles/connaissez-vous-les-7-differentes-familles-de-fromages/>
- **Anonyme 2 : « Formaticus ».** Connaissez-vous les 8 familles de fromages ? Consulté le 24 mai 2025. <https://www.restaurant-formaticus.fr/connaissez-8-familles-de-fromages/>

B

- **Baliere Charlotte. (2016).** Thèse - Microbiologie. [En ligne] https://theses.hal.science/tel-01505750v1/file/These-2016-EDSM-Microbiologie-BALIERE_Charlotte.pdf p23
- **Benyahia M. Et Hamdadou O. (2008).** Etude comparative de la qualité et de la stabilité du fromage fondu pasteurisé avec ou sans conservateurs fabriqué au niveau de L.F.B. Biologie. Université M'hamed Bougarra, Boumerdes, p51
- **Bourgeois C-M. (1996).** Microbiologie alimentaire. Tome 1. Éditions TEC & DOC, Lavoisier, Paris p1053 .
- **Boutonnier Jean-Luc.** La fabrication du fromage fondu. Technique et ingénierie. P 2,3

C

- **Christensen J., Povlsen V.T. Et Sorensen J. (2003).** Application of fluorescence spectroscopy and chemometrics in the evaluation of processed cheese during storage.
- **Codex Alimentarius Commission. (2002).** Considérations sur la traçabilité/traçage des produits p3.

- **Codex Alimentarius Commission. (2006).** Principes généraux d'hygiène alimentaire – CXC 1-1969, Rév. 4-2003, incluant l'annexe sur la traçabilité. FAO/OMS.
- **Codex Alimentarius Commission. (2004).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires – Sixième Session p3.
- **Codex Alimentarius. (2018).** General standard for cheese (CODEX STAN 283-1978). FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- **Codex Alimentarius – Standard for Butter (CXS 279-1971).** FAO/WHO.
- **Commission codex Alimentarius. (2004).** Avant-projet de norme pour le fromage fondu. p3.
- **Corpet D. (2014).** Envt HIDAOA– HACCP 73. <http://fcorpet.free.fr/Denis/>

D

- **Département Fédéral De l'Intérieur (D.F.I) (2009).** Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale. Suisse. p48 .

E

- **Eck et Gill (1997).** Le fromage. 3e édition. Lavoisier. Techniques et documentation. p807
- **Eck (1997).** Le fromage de la science à l'assurance qualité. Techniques et documentation, Paris, p 642-699.

F

- **Florence D. (2009).** Beurre allégé [En ligne]. <https://www.notretemps.com/sante-bien-être/medecine/beurre-allege-ou-margarine-8057>
- **Fox P.F. Et Mcsweeny P.L.H. (1998).** Dairy Chemistry and Biochemistry
- **Fox, P. F., & Mcsweeney, P. L. H. (2015).** Advanced Dairy Chemistry, Volume 2 : Lipids. Springer.
- **Freidot, É. (2005).** Connaissance des aliments. Paris : Éditions Techniques et Documentaires (Lavoisier).
- **Freidot E. (2006).** La connaissance des aliments – Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris p397 .

G

- **Gaucheron F. (2004).** Minéraux et produits laitiers, technique et documentation, Lavoisier Paris. P 566, 581, 582.
- **GEM-RCN (2009).** Spécification technique de l'achat public : Laits et produits laitiers. Groupe d'Étude des Marchés de Restauration Collective et de Nutrition, Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, République Française. Juillet 2009.
- **Givens, D. I., & Gibbs, R. A. (2008).** "Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them." Proceedings of the Nutrition Society, 67(3), p 273–280.
- **Guiraud Jp. (1998),** Microbiologie alimentaire, Edition : DUNOD, p615.
- **GUIRAUD J Et GALZY P.1980.** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition l'usine nouvelle (PARIS).

I

- **Iso 8402 :1986** international standard Première édition - 1986-06-15 p4 consulté le 20 avril2025.<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/15570/7627244b5d0542ea9b192b1cca8c7434/ISO-8402-1986.pdf>.
- **International Dairy Federation (IDF). (2010).** Bulletin of the IDF No. 446/2010 : The World Dairy Situation 2010.

J

- **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuch P., Brûlé G. (2008).** Les produits laitiers. TEC & doc, Lavoisier, Paris. Édition II. P 64, 66-76.

K

- **Kindstedt, P. S. (2012).** Cheese and Culture : A History of Cheese and its Place in Western Civilization. Chelsea Green Publishing.
- **Kinta Lucia Sene Article « Management de la qualité ».** consulté le 15 avril 2025 <https://www.yvea.io/fr/services/qualite-conformite/controles-qualite-produits/alimentaires#quest-ce-que-le-controle-qualite-des-produits-alimentaires>

L

- **Luquet (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, volume 3, qualité-énergie et table de composition. Edition Tec et Doc, Lavoisier-paris, p99.

M

- **Mahaut M., Romain J., Brule G. Et Pierre S. (2000).** Les produits industriels laitiers. Ed. Technique et documentation Lavoisier Paris. 178p.
- **Mahaut M., Romain, Gerard B. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Edition Tec et Doc, Lavoisier. P 173 et p 194.
- **Mathieu J. (1998).** École nationale des industries du lait et des viandes de la Roche-sur-Foron.
- **Molin (1992).** Minéraux et fromage fondu in Minéraux et produit laitier de Frédéric Caucheron (2004).
- **Mulder H., Walstra P. (1974).** The milk globule emulsion science as applied to milk products and comparable food. Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux.p 290.

O

- **Organisation internationale de normalisation (ISO). (2015).** Principes de management de la qualité.
- **O'Connor, C. B. (1993).** Traditional Cheesemaking Manual. International Livestock Centre for Africa (ILCA).

P

- **Pointurier H., Adda J. (1969).** In : Beurrerie industriel, pPatart, J.P. (1987). Les fromages fondus. In : Eck, A. (Éd.), Le fromage (pp. 385–398). Paris : Lavoisier

S

- **SORIANO J.M., Rico H., Molto J.C., Manes J. (2002).** Effect of introduction HACCP on the microbiological quality of some restaurant meals. Food Control, 13, p. 253-261

T

- **Tanac et Al. (1979).** Le fromage in Frédéric Gaucheron (2004), Minéraux et produits laitiers, édition Tec et Doc, Lavoisier, P 570.
- **Tetra P. (2003).** In. Dairy Processing Handbook GA. Ed. Tetra Pak Processing Systems. AB Lind, Sweden-no 63174.
- **Trémolière, J.Serville, Y. Jacquot, R.Dupin, H. (1984).** Les aliments. ESF, 162-248

V

- **Vierling E. (2003).** Les corps gras : Dans Aliments et boissons. Ed. Filières et produits Doin, p192.
- **Veissreyre R., (1979).** « Technologie du lait Constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3 Ed, la maison rustique, Paris, P 709-714.

W

- **Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006).** Dairy Science and Technology (2nd Ed.).

Z

- **ZAIRI Mohamed (2024-2025).** Université Djilali LIABES, Gestion de la qualité dans le domaine Agroalimentaire, p4. Consulté le 1 mai 2025
http://ww.univsba.dz/snvs/images/11site/Gestion_de_la_qualit_dans_le_domaine_Agroalimentaire_24-25.pdf

Annexes

- **Journal Officiel De La République Algérienne N°96 1998 P1** consulté le 20 mai 2025
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/alg68917.pdf>
- **Journal Officiel De La République Algérienne N° 42 2015 p 7 -24** consulté le 20 mai 2025
<https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2005/F2005042.pdf>
- **Journal Officiel De La République Algérienne N° 03 2006 P 9** consulté le 20 mai 2025
<file:///C:/Users/User/Downloads/a25092005fr.pdf>
- **Journal Officiel de La République Algérienne N° 39 2017** consulté le 20 mai 2025
<https://www.joradp.dz/FTP/JO-FRANCAIS/2017/F2017039.pdf>
- **ISO-21528-1-2017** Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale par la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae p 8 consulté le 20 mai 2025
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/55228/9d4f63e829694224a731b86065e4b360/ISO-21528-1-2017.pdf>
- **Journal Officiel de la République Algérienne N° 70 2004.** Consulté le 8 mai 2025
<https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2004/F2004070.PDF>
- **ISO 11290-1 2017** Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour la recherche et le Dénombrement de Listeria monocytogenes et de Listeria spp. P

Année universitaire : 2024-2025

Présenté par : Mennana Roudeina

Processus de fabrication et contrôle de la qualité des produits laitières

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et contrôle qualité

Résumé

Afin d'assurer la qualité des produits laitiers, divers tests physico-chimiques et microbiologiques sont effectués pour garantir la sécurité des aliments et leur conformité aux exigences réglementaires de la République algérienne.

L'objet de ce travail a été réalisé dans le but de suivre le processus de fabrication du beurre et du fromage fondu au sein de la laiterie Numidia de Constantine, ainsi que de contrôler la qualité des produits finis à travers des analyses effectuées en laboratoire.

Le contrôle qualité a été mené à travers des analyses physico-chimiques portant sur des paramètres tels que le pH, l'extrait sec, la matière grasse, ainsi que l'extrait sec du beurre. Les résultats obtenus se sont révélés conformes aux normes définies par la réglementation algérienne. En parallèle, un contrôle microbiologique a été effectué conformément aux exigences du Journal Officiel algérien n°37 de 2017, portant sur la recherche de germes pathogènes spécifiques tels que Listeria monocytogenes, Salmonella, Escherichia coli et Staphylococcus à coagulase positive. Les résultats de ces analyses ont confirmé la conformité des produits aux critères réglementaires en vigueur.

Mots-clefs : beurre, fromage fondu, contrôle microbiologique, contrôle physico-chimique.

Laboratoire d'accueil : industrie « Numidia »

Membre de jury :

Président du jury : Dr. GHERBOUJ.Ouissem (MCA- UConstantine1 Frères Mentouri).

Encadrant : Dr. MADI. Aicha (MCA- U Constantine 1).

Examinateur(s) : Dr. GHOURRI.Sana (MCA- U Constantine 1),