

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINESTERE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Science Alimentaire

Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

Thème

Évaluation de la stabilité du fromage à pâte molle « Camembert » durant la date limite de consommation

Présenté par DAHOUMANE Lynda & FALI Kenza

Devant le jury

President: M. BENGANA M.

MCB

UMMTO

Examinatrice : Mme Hammad-doufene I.

MCB

UMMTO

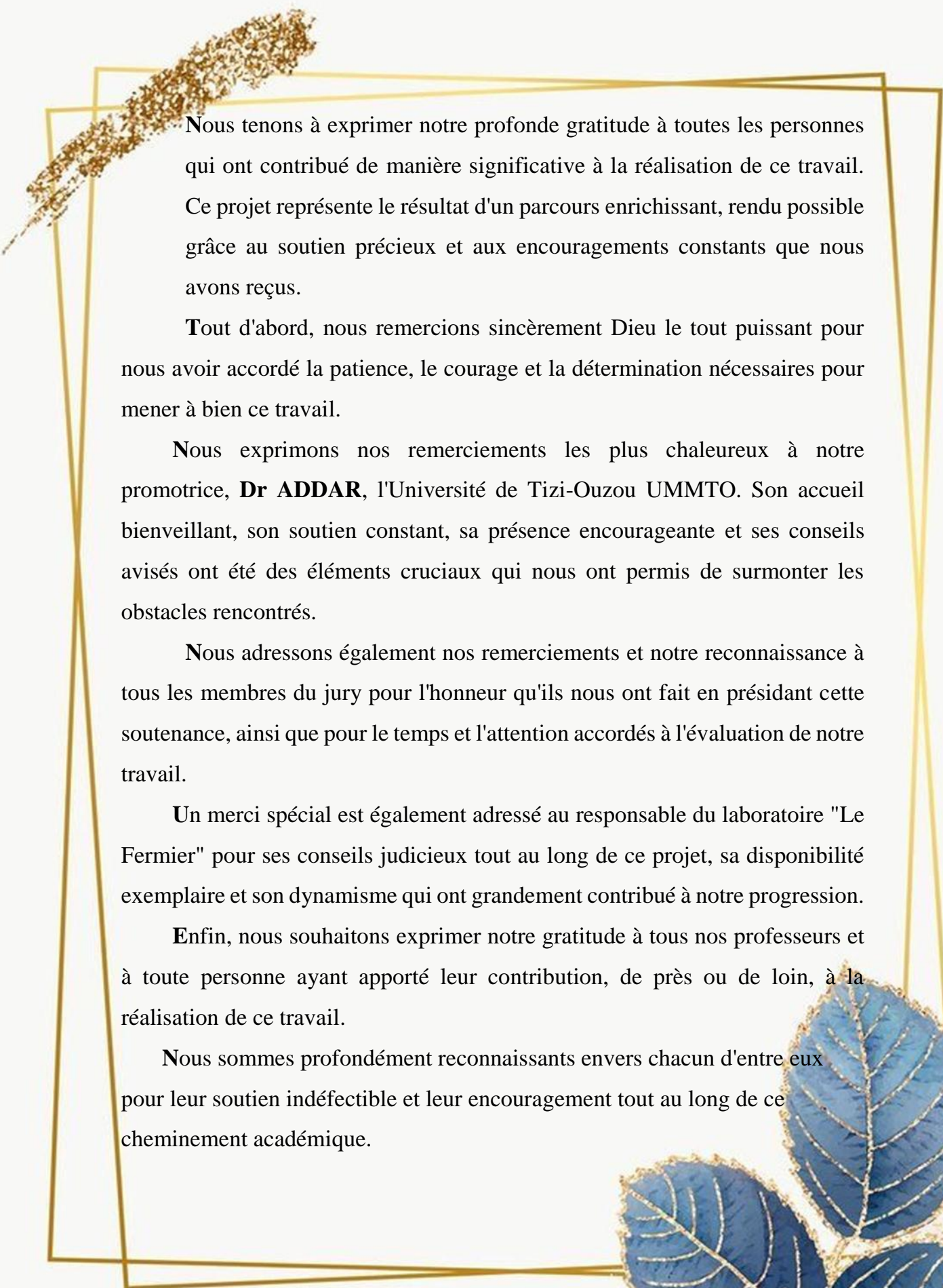
Encadrante : Dr ADDAR L.

MCB

UMMTO

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement



Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de ce travail. Ce projet représente le résultat d'un parcours enrichissant, rendu possible grâce au soutien précieux et aux encouragements constants que nous avons reçus.

Tout d'abord, nous remercions sincèrement Dieu le tout puissant pour nous avoir accordé la patience, le courage et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.


Nous exprimons nos remerciements les plus chaleureux à notre promotrice, **Dr ADDAR**, l'Université de Tizi-Ouzou UMMTO. Son accueil bienveillant, son soutien constant, sa présence encourageante et ses conseils avisés ont été des éléments cruciaux qui nous ont permis de surmonter les obstacles rencontrés.

Nous adressons également nos remerciements et notre reconnaissance à tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en présidant cette soutenance, ainsi que pour le temps et l'attention accordés à l'évaluation de notre travail.

Un merci spécial est également adressé au responsable du laboratoire "Le Fermier" pour ses conseils judicieux tout au long de ce projet, sa disponibilité exemplaire et son dynamisme qui ont grandement contribué à notre progression.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre gratitude à tous nos professeurs et à toute personne ayant apporté leur contribution, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nous sommes profondément reconnaissants envers chacun d'entre eux pour leur soutien indéfectible et leur encouragement tout au long de ce cheminement académique.



Dédicaces

À mes chers parents,

Votre soutien inconditionnel et vos conseils avisés ont été mes plus grands atouts tout au long de ce parcours académique.

Chaque succès est le résultat de votre dévouement et de votre amour indéfectible.

À mes deux sœurs (Yasmine et Thiziri) et mon frère (Amayas),

Votre présence joyeuse et vos encouragements constants ont été une source d'inspiration inestimable. Ce mémoire est le fruit de notre lien fraternel précieux.

À mon mari (Yassine),

Ton soutien constant et ton amour inconditionnel ont été ma force motrice tout au long de cette aventure. Ce mémoire est dédié à notre partenariat et à notre complicité indéfectible.

À mon binôme (Lynda),

Ton travail acharné, ta collaboration et ton soutien ont été essentiels pour la réussite de ce projet. Ce mémoire reflète notre partenariat et notre détermination collective à atteindre nos objectifs.

Et à mes chères amies,

Grâce à votre soutien et à votre amitié, j'ai pu accomplir beaucoup. Ce mémoire reflète l'amitié et la solidarité que nous avons partagées au fil des années.



Kenza

Dédicaces

*À mon père et ma mère,
pour leur amour inébranlable et leur soutien indéfectible.*

*À mon frère Karim, pour ses encouragements et son aide
précieuse.*

*À mes sœurs Samira et Lydia, pour leur soutien et leur
inspiration.*

*À ma binôme Kenza, pour son partenariat, son engagement et
son amitié tout au long de ce projet.*

Merci à vous tous pour avoir rendu ce parcours possible.



lynda

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction01

I. Synthèse bibliographique

1.1. Généralité sur le lait02

1.2. Le fromage02

1.2.1. Valeur nutritionnelle de fromage03

1.2.2. Les grandes familles de fromage05

1.3. Fromage à pâte molle « camembert »07

1.3.1. Définition07

1.3.2. Principales caractéristiques du fromage camembert08

1.3.3. Processus technologique de la fabrication de camembert09

1.4. Contrôle qualité de camembert16

1.5. La conservation des aliments17

1.6. Estimation de la durée de vie d'un aliment18

1.7. La stabilité d'un aliment20

1.8. Test d'évaluation de la stabilité des aliments.....22

II. Matériels & Méthodes

2.1. Présentation de la laiterie fromagerie « le fermier »24

2.2. Matériels24

2.3. Méthodes d'analyses27

2.3.1. Analyses physicochimiques28

2.3.1.1. Matière première.....28

2.3.1.2. Produit fini29

2.3.2. Analyses microbiologiques.....30

2.3.2.1. Les germes rechercher	31
2.3.2.2. Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux.....	31
III. Résultats & Discussion	
3.1. Matière première « lait de vache cru »	34
3.1.1. Analyses physicochimiques.....	34
3.1.2. Analyses microbiologiques.....	36
3.2. Produit fini « camembert »	37
3.2.1. Analyses physicochimiques.....	37
3.2.2. Analyses microbiologiques.....	39
Conclusion Générale	42
Références bibliographiques	44
Annexes	

Liste d'abréviation

STLD : Société de transformation du lait et dérivé.

DLC : Date Limite de Consommation.

DLUO : Durée Limite d'Utilisation Optimale

ESD : Extrait Sec Dégraissé.

EST : Extrait Sec Total.

D° : Degré Dornic.

UFC : Unité Formant Colonie.

MG : Matière Grasse.

H% : Humidité.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

CE : conformité Européenne.

E/se : Entreprise.

CT : Coliforme Totaux.

CF : Coliforme Fécaux.

T° : Température.

G/S : Gras / Sec.

VRBL : Violet Red Bile Lactose.

AFNOR : Association française de normalisation

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
01	Fromage à pâte fraîche	06
02	Fromage à pâte pressé cuit	06
03	Fromage à pâte pressé non cuite	06
04	Fromage à pâte molle fleurie	07
05	Fromage à pâte molle lavée	07
06	Coagulation de lait	11
07	Tranchage de caillé	12
08	Moulage des camemberts	12
09	Egouttage de caillé	13
10	Salage de camembert	14
11	Affinage du camembert	15
12	Diagramme de fabrication du camembert à la laiterie-fromagerie « le fermier » de Tizi-ouzo	26
13	L'emballage du camembert « le fermier »	39

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
I	La composition moyenne de lait de vache	02
II	La composition moyenne de fromage à pâte molle de type camembert	09
III	Les différents paramètres physico-chimiques et leurs normes selon le JORA	16
IV	Critères microbiologiques appliqué au fromage et leurs normes selon le JORA	17
V	Dates limites d'un aliment	19-20
VI	Protocole d'échantillonnage	25
VII	Les analyses microbiologique et physico-chimiques de lait cru et de produit fini	27
VIII	Résultats d'analyses physico-chimiques de lait de vache	34
IX	Résultats d'analyses microbiologiques de lait de vache (après pasteurisation)	36
X	Résultats d'analyses physico-chimiques de produit fini	37
XI	Résultats d'analyses microbiologiques de produit fini	40

Résumé

Le camembert, en tant que produit hautement périssable, sa consommation est conditionnée par une date limite de consommation qui assure sa qualité et sa sécurité. Afin d'assurer la satisfaction des consommateurs et la sécurité alimentaire, il est crucial de garantir la stabilité du camembert durant sa durée limite de consommation (DLC). L'objectif de ce travail vise à évaluer la stabilité de camembert produit par l'entreprise « le fermier » durant la date limite de consommation de 45 jours préconisé sur l'emballage. Pour ce faire un test de vieillissement est réalisé.

Le camembert a été conservé à deux températures 4°C et 12°C et suivi par des analyses physicochimiques tel que le pH, la teneur en matière grasse, l'extrait sec totale et le Gras/Sec, ainsi que par des analyses microbiologiques durant la période de consommation.

Les résultats montrent des variations des paramètres physico-chimiques, notamment durant la conservation à 12°C, d'où une légère augmentation est enregistrée pour le pH, l'extrait sec et la teneur en matière grasse. De plus, les analyses microbiologiques ont confirmé une présence contrôlée de coliformes tout au long de la DLC, avec une charge bactérienne plus élevée à 12°C.

En somme, le camembert produit par la laiterie "Le Fermier" a maintenu une stabilité satisfaisante tout au long de sa période de consommation de 45 jours conformément aux normes réglementaires en vigueur.

Les mots clés : Test de vieillissement, camembert, stabilité, DLC, sécurité alimentaire.

Abstract

Camembert cheese, as a highly perishable product, is consumed within a specified shelf life to ensure quality and safety. Ensuring stability throughout its shelf life is crucial for consumer satisfaction and food safety. This study aims to evaluate the stability of Camembert cheese produced by "Le Fermier" over the recommended 45-day shelf life printed on the packaging, using an aging test.

The Camembert cheese was stored at two temperatures, 4°C and 12°C, and monitored through physicochemical analyses including pH, fat content, total solids, fat-to-dry matter ratio, and microbiological analyses during the consumption period.

Results indicate variations in physicochemical parameters, particularly during storage at 12°C, where a slight increase was observed in pH, total solids, and fat content. Furthermore, microbiological analyses confirmed controlled presence of coliforms throughout the shelf life, with higher bacterial load at 12°C.

Overall, Camembert cheese produced by "Le Fermier" maintained satisfactory stability throughout its 45-day consumption period in accordance with current regulatory standards.

Keywords: Aging test, Camembert cheese, stability, shelf life, food safety

ملخص

ضمان أجل من وسلامته جودته يضمن صلاحية انتهاء بتاريخ مرتبطاً استهلاكه وتكون، التلف سريع منتجاً الكامامبير يعتبر هذا يهدف (DLC) استهلاكه صلاحية مدة خلال الكامامبير استقرار ضمان الضروري من، الغذاء وسلامة المستهلكين رضا على يومًا 45 بـ المحددة الصلاحية انتهاء مدة خلال "المزارع" شركة قبل من المنتج الكامامبير استقرار تقييم إلى العمل للشيوخوخة اختبار إجراء تم، ذلك ولتحقيق العبوة

وكيميائية فيزيائية تحاليل عبر متابعته وتمت، مئوية درجة 12 و مئوية درجات 4: حراريتين درجتين في الكامامبير حفظ تم التحاليل إلى بالإضافة، الجافة/الدهون ونسبة، الكلية الجافة المادة، الدهون محتوى، (pH) الحموضة درجة مثل الاستهلاك فترة خلال الميكروبيولوجية

، مئوية درجة 12 حرارة درجة عند الحفظ خلال سيما لا، والكيميائية الفيزيائية المعايير في تباينات وجود النتائج أظهرت التحاليل أكدت، ذلك إلى بالإضافة. الدهون ومحتوى، الجافة المادة، الحموضة درجة في طفيفة زيادة تسجيل تم حيث درجة عند البكتيري الحمل في ارتفاع مع، الصلاحية انتهاء فترة طوال للكوليفورمات محكومًا وجودًا الميكروبيولوجية مئوية درجة 12 حرارة

يومًا 45 البالغة استهلاكه فترة طوال مرضٍ استقرار على "المزارع" شركة قبل من المنتج الكامامبير حافظ، المجمع في السارية التنظيمية للمعايير وفقًا

الغذاء سلامة، الصلاحية انتهاء مدة، استقرار، كامامبير، الشيوخوخة اختبار: المفتاحية الكلمات



Introduction

Introduction

Le fromage, en raison de sa teneur élevée en eau et d'autres constituants favorables au développement des micro-organismes, est un produit extrêmement périssable (Keke *et al.*, 2009). Sa durée de conservation dépend du type de fromage, de sa teneur en eau, de son affinage et des conditions de stockage.

Le camembert, à la croûte fleurie et à la texture crémeuse, occupe une place spéciale dans l'alimentation mondiale. Sa saveur riche et son arôme caractéristique en font un incontournable des plateaux de fromages. Cependant, pour que ce délicieux fromage reste sûr et savoureux, les producteurs doivent concilier la sécurité du consommateur avec la qualité du produit, en répondant aux exigences des consommateurs et aux normes en vigueur (Keke *et al.*, 2009).

C'est pourquoi des dates limites de consommation (DLC) sont appliquées aux produits frais, notamment ceux qui sont microbiologiquement très périssables, comme les produits laitiers. Les denrées alimentaires assorties d'une DLC se conservent généralement au réfrigérateur, et il est essentiel de respecter la température d'entreposage mentionnée sur l'emballage.

L'évaluation de la stabilité du camembert pendant sa durée de consommation est un processus essentiel pour garantir la qualité et la sécurité alimentaire. Dans ce contexte s'inscrit notre travail, qui a pour objectif d'évaluer la stabilité de camembert produit par l'entreprise « Le Fermier », en appliquant le test de vieillissement.

Ce test permet, d'une part, de vérifier la validité de cette date limite de consommation et d'autre part, d'assurer la stabilité du camembert durant cette période conformément aux conditions de stockages prédéfinies.

Pour ce faire, des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées sur le camembert tout au long de la durée de consommation préconisée par l'entreprise, qui est de 45 jours. Les résultats obtenus sont confrontés à des normes réglementaires préétablies, nous permettant ainsi d'apprécier la qualité du produit. Cette appréciation est le reflet direct du respect (ou non) des bonnes pratiques d'hygiène, de fabrication et des conditions de consommation.



*Partie
bibliographique*

I/ Synthèse bibliographique

1.1.Généralité sur le lait

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite total et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Pougheon et Goursaud, 2001).

Le lait est un aliment extrêmement complexe sur le plan physicochimique, riche en nutriments essentiels. Ses principaux constituants sont les protéines, les glucides, les lipides, les sels minéraux et d'autres éléments comme les vitamines et les enzymes (Luquet, 1986).

La composition du lait (Tableau I) varie selon de nombreux facteurs liés à l'animal (race, stade de lactation, âge, état de santé) et à son alimentation. Sa richesse nutritionnelle en fait un aliment de choix pour tous les tranches d'âges (Vignola, 2002).

Tableau I : La composition moyenne de lait de vache (Vignola, 2002)

Constituants majeures	Variations limités (%)	Valeur Moyenne (%)
Eau	85 ,5-89,5	87,5
Matière Grasse	2,4-5,5	3,7
Protéines	2,9 -5,0	3,2
Glucides	3,6-5,5	4,6
Minéraux	0,7-0,9	0,8
Constituants mineurs : enzymes, vitamines, pigment, cellules divers, gaz		

Selon la teneur du lait en matière grasse (MG), le lait est subdivisé en trois principaux types à savoir le lait entier contenant au moins 3,5% de MG, le lait demi écrémé contenant de 1,5 % à 1,8% de MG et le lait écrémé contenant au maximum 0, 3% de MG (JORA, 1993). De plus, en fonction de leur traitement, on distingue le lait cru (non traité thermiquement) et le lait traité thermiquement, qui peut inclure des types comme le lait pasteurisé, le lait concentré, le lait aromatisé, et le lait stérilisé (Luquet, 1985 ; JORA, 1993).

1.2.Le fromage

Le fromage occupe une place de choix dans de nombreuses cuisines grâce à sa diversité, sa polyvalence et ses qualités gustatives et nutritionnelles. Sa présence récurrente dans les repas

et les recettes en fait un élément incontournable de l'alimentation dans de nombreuses régions du globe.

La diversité des fromages est remarquable, avec plus de 1 200 variétés en France seule, chacun d'eux offre des caractéristiques uniques, que ce soit en termes de saveur, de texture, de couleur ou de propriétés culinaires. Les fromages peuvent être consommés frais, cuits, vieillis, ou encore transformés en produits dérivés tels que le fromage fondu ou le fromage râpé (Fredot, 2009).

Selon le codex Alimentarius, la dénomination "fromage" désigne un produit qui peut être affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure dans lequel le rapport protéines de lactosérum ne dépasse pas celui du lait. Le fromage est le résultat de la coagulation du lait grâce à l'action d'une enzyme appelée « la présure », qui est d'origine animale. Cependant, d'autres agents coagulants d'origine végétale ou microbienne peuvent également être utilisés (Fredot, 2009).

I.2.1. Valeur nutritionnelle du fromage

L'intérêt alimentaire des fromages présente de nombreux points communs avec celui du lait, étant tous deux des sources de calcium et de protéines animales. Cependant, la fabrication des fromages s'accompagne de modifications de composition et de valeur nutritionnelle par rapport au lait, comme souligné par Fredot (2009).

➤ Les 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 une partie importante entre 20 et 30% selon le type de fromage s'hydrolyse en oligopeptides et acides aminés au cours de l'affinage (Dillon et Berthier, 2006).

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, 2006).

➤ **Les lipides**

Le taux de matière grasse pour 100 g de matière sèche des fromages issus de lait entiers se situe autour de 50%. De la crème doit être ajoutée pour parvenir à des taux supérieurs. Des fromages de grande consommation, notamment parmi les fromages fondus et les pâtes fraîches présentent des taux de matière grasse/matière sèche qui atteignent 65 à 75% (Favier, 1986).

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 se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles (Dillon et Berthier, 2006).

➤ **Les glucides**

Selon Fredot (2009), la teneur moyenne en glucides est d'environ, 3,5% dans les fromages frais non sucrés, 20% dans les fromages frais sucrés ou aux fruits et négligeable dans les fromages affinés.

Les fromages affinés contiennent généralement peu ou pas de glucides, car le lactose du lait s'échappe avec le sérum lors de l'égouttage. Pendant l'affinage, la petite quantité de lactose restante est transformée en acide lactique. Cependant, dans les fromages frais peu égouttés et peu fermentés, on trouve des quantités appréciables de lactose, d'acides lactique et citrique. C'est aussi le cas pour les fromages fondus auxquels du lactose et de l'acide citrique sont ajoutés lors de la fabrication (Fredot, 2009).

➤ **Le calcium**

Les fromages sont une excellente source de calcium. Cependant, leur teneur peut varier considérablement en fonction de leur mode de fabrication. En effet, les fromages à pâte dure sont les plus riches en calcium avec une teneur moyenne de 1100 mg à 1200 mg pour 100 g. En revanche, les fromages à pâte molle, comme la brie, ont une teneur en calcium plus faible, avec environ 200 mg pour 100 g (Fredot, 2009).

Il est important de noter que la teneur en calcium des fromages peut également varier en fonction de leur teneur en matières grasses. Les fromages allégés ont souvent une teneur en calcium plus faible que les fromages traditionnels (Fox P. F. *et al.*, 2004).

➤ **Le sodium**

Le sodium est un élément indispensable au fromage, car il contribue à son goût, sa texture, sa fabrication en favorisant la croissance d'une bonne flore microbienne, et il est nécessaire pour la conservation des fromages.

La teneur en sodium dans le fromage peut varier considérablement en fonction du type de fromage et de son processus de fabrication. Les fromages frais non assaisonnés ont généralement une teneur en sodium plus faible, avec une moyenne d'environ 30 mg de sodium pour 100 g de fromage. Cependant, cette valeur peut varier d'un fromage à l'autre. En revanche, les fromages fermentés, tels que les fromages affinés, peuvent avoir une teneur en sodium plus élevée. Les fromages fermentés peuvent contenir entre 200 et 1600 mg de sodium pour 100 g de fromage, en fonction du type de fromage et de sa durée d'affinage (Wilkinson, Park, 2008).

➤ **Les vitamines**

Le fromage est la source de nombreuses vitamines, notamment en vitamine B2 et B12, les fromages sont riches aussi en vitamine D, une teneur d'environ 0,12 µg /30 g est signalé pour les fromages à pâte molle et croûte fleurie et 0,08 µg /30 g pour fromages à pâte pressée cuite (Shlienger, 2014).

I.2.2. Les grandes familles du fromage

Il existe une multitude de variétés de fromages qui diffèrent par leur goût, leur odeur, leur texture et leur forme. Cette diversité des fromages dépend de nombreux facteurs comme l'origine du lait, Son traitement, les techniques de fabrication, notamment le type de coagulation et d'affinage. Les fromages peuvent être classés en trois grandes familles (Mahaut *et al.*, 2000).

1. Les fromages à pâte fraîche

Les « fromages blancs frais » ou « fromages frais » sont des fromages blancs fermentés qui répondent à un critère supplémentaire, qui est la présence d'une flore vivante au moment de la vente au consommateur (Martinez, 2009).

Ces fromages sont peu égouttés et non affinés (figure01), obtenus par la coagulation des protéines du lait sous l'effet des ferments lactiques (acidification) (Chamba et Irlinge, 2004).

Ils présentent un taux d'humidité très élevé (supérieur à 60%), et une teneur en matière grasse réduite (Majdi, 2009). La pâte fraîche est blanche ,avec une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le type de fromage.



Figure 01 : fromage à pâte fraîche

2. Les fromages à pâte pressée

Les fromages à pâte pressée sont des fromages obtenus par pressage du caillé après soutirage, suivi d'une phase d'affinage. Ils présentent une pâte compacte, moins riche en eau que les fromages frais, mais contenant une concentration plus élevée en sels minéraux, notamment en sels de calcium. Au sein de cette catégorie, on distingue les fromages à pâte pressée non cuite (Figure 02) et ceux à pâte pressée cuite (Figure03) (Parente et Cogan, 2004, Yildiz,2010).



Figure 02 : Fromage à pâte pressée cuite



Figure 03 : Fromage à pâte pressée non cuite

3. Les fromage à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont définis par la norme internationale de Codex Alimentaires (CODEX STAN A-6-1973. Adopté en 1973. Révision 1999. Amendé en 2006, 2008, 2013) comme étant tous les fromages dont l'extrait sec dépasse 67% durant la période de saumurage.

Ces fromages se caractérisent par une flore bactérienne de surface formée en grande partie par les bactéries corynéformes et les micrococcaceae (Mahaut *et al.*, 2000). Selon la conduite de l'affinage, deux types de croûte peuvent se développer sur les fromages à pâte molle permettant ainsi de diviser cette famille en deux sous-familles (Figure04,05) :fromage à pâtes molles à croûte fleurie (brie, camembert, coulommiers, etc.) et les fromages à pâtes molles à croûte lavée ou croûte margée (époisses, livarot, maroilles, munster, etc.) (Nadège, 2015).



Figure04 : Fromage à pâte molle fleurie



Figure 05 : Fromage à pâte molle lavée

I.3.Fromage à pâte molle « camembert »

Le camembert, fromage emblématique de la France, est connu pour sa texture crémeuse et son goût délicatement relevé, avec sa croûte blanche caractéristique ; Il incarne le savoir-faire artisanal et le terroir normand, séduisant les gourmets du monde entier.

I.3.1. Définition

Le camembert est un fromage à pâte molle à croûte fleurie, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la Norme générale pour le fromage, qui se présente sous la forme d'un cylindre plat ou de morceaux dit cylindre. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage (Dahou *et al.*, 2017).

Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte des moisissures blanches.

Le fromage entier peut être coupé ou formé en morceaux avant ou après le développement des moisissures.

I.3.2. Principales caractéristiques du fromage camembert

Le camembert est un fromage à pâte molle et à croûte fleurie, caractérisé par ses propriétés physico-chimiques et microbiologiques distinctes. Voici ses principales caractéristiques avec des références :

a. Caractéristiques physico-chimiques

➤ pH

Le pH du camembert est généralement légèrement acide, se situant autour de 4,5 à 5,5. Ce pH contribue à la texture et au goût du fromage, tout en influençant sa stabilité microbiologique et sa conservation (Montel *et al.*, 2005).

➤ Composition et valeurs nutritionnelle

Le camembert est une excellente source de protéines, avec une teneur en matière azotée allant de 30 à 50 % de matière sèche, selon son mode d'élaboration. Les protéines du camembert ont une digestibilité élevée et une valeur biologique élevée en raison de leur composition équilibrée en acides aminés et de leur capacité à former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans le monde entier (Mietton, 1995).

La matière grasse du Camembert, qui représente entre 25 et 40 % de sa composition, est responsable de l'onctuosité de la pâte et contribue à la saveur caractéristique du fromage (Delavenne *et al.*, 2012).

Le lactose, quant à lui, est pratiquement absent des fromages affinés comme le camembert, car la faible quantité de lactose restant dans le caillé après égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage (Eck, 1990).

Le camembert est également une source importante de calcium avec une teneur allant de 200 à 700 mg pour 100 g de fromage. Il contient également du phosphore, du sodium et des vitamines (Eck, 1990).

La composition moyenne de fromage à pâte molle de type camembert est donnée dans le tableau II.

Tableau II : Composition moyenne de fromage à pâte molle de type camembert (Guégen, 1979).

Valeurs nutritionnelles pour 100 g	Valeurs
Energie	276 kcal
Protéines	20g
Lipides	21.9g
Glucides	0.1g
Eau	54.9g

➤ **Texture et Consistance**

La texture du camembert varie de douce et crémeuse à plus ferme, dépendant du temps de maturation et des conditions de stockage. Sa croûte blanche et veloutée est formée par le développement du *Penicillium camemberti*, qui transforme les graisses du fromage en acides gras libres et en glycérol et les protéines en peptides et en acides aminés (Fox *et al.*, 2005).

b. Caractéristiques microbiologiques

➤ **Florescence microbienne**

Le développement du *Penicillium camemberti* sur la croûte du camembert est crucial pour la formation de son goût et de sa texture. Ce champignon produit des enzymes qui décomposent les protéines et les lipides, influençant ainsi les caractéristiques organoleptiques du fromage (Fox *et al.*, 2000).

➤ **Microflore**

En plus du *Penicillium camemberti*, le camembert héberge une microflore diversifiée comprenant des bactéries lactiques et des levures. Ces micro-organismes contribuent à la maturation du fromage, à l'arôme et à la texture finale du camembert (Montel *et al.*, 2005).

I.3.3. Le processus technologique de la fabrication du camembert

➤ **Traitements préliminaires du lait**

Les laits réceptionnés sont triés en éliminant ceux inappropriés à la transformation fromagère. Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques, notamment l'homogénéisation et le traitement thermique qui ont pour objectif de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable avec un bon rendement de fabrication (Fernández *et al.*, 2017).

Néanmoins, il a été établi que ces traitements quand ils sont pratiqués d'une façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles préjudiciables (Lucey *et al.*, 2021).

➤ **Standardisation**

Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse qui doit être autour de 28 g/l et parfois du taux de protéines qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage (Thapon, 2005).

➤ **Homogénéisation**

L'homogénéisation du lait est un procédé utilisé dans l'industrie laitière pour stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait et éviter la séparation de la crème. Ce processus consiste à faire éclater les globules de matière grasse en fines particules, ce qui permet de les disperser de manière homogène dans la phase aqueuse du lait. L'homogénéisation est inutile pour les laits concentrés sucrés, facultative pour le lait pasteurisé, mais indispensable pour les autres types de lait (Abdoune, 2003).

➤ **Traitements thermiques du lait (Pasteurisation)**

La pasteurisation du lait est le processus thermique par lequel tous les agents pathogènes possibles dans sa composition sont réduits au minimum : bactéries, moisissures et protozoaires. Elle consistait à mettre le lait dans un récipient fermé et à le chauffer à une température supérieure à 44 °C pendant un court moment (Hinrichs, 2008).

➤ **Ensemencement – Maturation**

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée. Le lait estensemencé par les levains lactiques à raison de 1,5 à 2% dans le but d'élever l'acidité de ce dernier, ensuite le

phosphate monocalcique et le calcium sont ajoutés afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (Lenoir *et al.*, 1983).

➤ **Coagulation du lait**

La coagulation du lait résulte de l'association des micelles de caséine plus au moins modifiées. Cette agglomération mène à la formation d'un coagulum dont le volume est égal à celui du lait mis en œuvre. Ces modifications physico-chimiques des caséines sont induites soit par acidification soit par action d'enzymes coagulantes (Eck, 2006).



Figure 06 : Coagulation de lait

➤ **Découpage et tranchage**

Le découpage du caillé est une étape importante dans le processus de fabrication du fromage. Il s'agit d'une action mécanique réalisée en cuve à l'aide de couteaux spéciaux. L'objectif du découpage est de couper le coagulum en petits morceaux de taille uniforme, généralement d'environ 2 à 2,5 cm de côté.

Le découpage du caillé doit être effectué avant que le coagulum ne devienne trop imperméable et ferme. En coupant le coagulum à ce stade, on permet à l'humidité de s'échapper plus facilement et de favoriser le drainage du lactosérum. Cela contribue à la formation d'une texture adéquate dans le fromage final (Eck, 1987).



Figure07 : Tranchage de caillé

➤ **Brassage**

Le brassage vise à activer l'égouttage en renouvelant les surfaces d'exsudation du sérum. Il consiste à remuer délicatement le caillé pendant une période donnée. Ce mouvement permet de séparer les grains agglomérés et de renouveler les surfaces d'exsudation du sérum. En remuant le caillé, on facilite l'élimination du lactosérum, qui se fait plus rapidement et de manière plus complète (Eck, 1987).

➤ **Moulage**

Le caillé est versé dans des moules perforés spéciaux, où il est pressé doucement pour former la forme caractéristique du camembert.



Figure 08: Moulage des camemberts

➤ **Egouttage**

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement d'ajuster la teneur en eau du caillé, mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage. Deux actions complémentaires se produisent durant cette phase, l'expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse) et séparation du sérum et du caillé par action physique (Bertrand; 1988).



Figure 09 : Egouttage de caillé

➤ **Démoulage**

Le démoulage s'effectue après 24 à 48h de l'égouttage, il consiste à récupérer le caillé de leurs moules soit manuellement par retournement soit par des démouleuses automatiques. Cette opération a pour but d'améliorer l'égouttage du caillé et atteindre un extrait sec convenable. Le premier retournement s'effectue après 6 à 7 heures, lorsque le caillé atteint la moitié du moule, le deuxième retournement après 10 à 15 heures (Mauriello, 2017).

➤ **Salage**

Cette opération est l'une des phases principales de la fabrication des fromages, elle est indispensable lorsque les caillés sont destinés à subir un affinage (Meurel, 1986). Selon Djenane (1991), le salage consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium à un taux de 2%.



Figure10 : Salage de camembert

➤ **Ressuyage**

Cette opération s'effectue avant l'affinage, elle consiste à un séchage en surface, afin d'éviter toute contamination par l'eau. La pulvérisation du pénicillium est réalisée en même temps qu'un ressuyage de la surface (Jouve, 1996). Cette étape a pour objectif d'assécher la surface de fromage et de favoriser le développement de la flore recherchée.

➤ **Affinage**

C'est étape finale qui consiste à réaliser la maturation du fromage par voie enzymatique dans des hâloirs ou s'effectue le développement de la croûte fleurie de pénicillium pendant une durée s'étalant de 12 à 14 jours à une température de 12 à 13°C et une humidité de 85-90% (Cholet, 2006).

Cependant, il est important de noter que la maîtrise de la température, de l'humidité, de la vitesse de circulation de l'air et de son renouvellement dans les locaux d'affinage est cruciale à chaque étape de l'affinage du fromage (Luquet, 1990).



Figure 11: Affinage du Camembert.

➤ Conditionnement

Dans la fabrication fromagère, le conditionnement est une étape cruciale pour garantir la qualité et la sécurité du produit final. L'emballage est essentiel pour protéger le fromage contre les microbes, les infestations et les mauvaises odeurs de l'environnement. Il permet également de préserver l'humidité du fromage, ce qui est important pour maintenir sa texture et son goût.

Il existe différents types d'emballages qui peuvent être utilisés pour conditionner les fromages, tels que les plastiques, les résines, l'aluminium, les boîtes en carton, le polyéthylène et le polyvinyle. Cependant, il est important de choisir un emballage qui soit étanche, propre et inerte, conformément aux normes en vigueur cités dans le Journal Officiel de la République Algérienne.

I.4. Contrôle de qualité du « camembert »

Analyses physico-chimiques

Afin de produire un produit de qualité et la sécurité alimentaire, des analyses physico-chimiques sont effectuées tout au long de processus de fabrication de camembert.

Ces analyses incluent la détermination de la teneur en matière grasse, l'extrait sec total et le pH, ainsi que l'évaluation de certains paramètres comme la texture, le gout et la croûte.

Ces analyses garantissent la qualité nutritionnelle et sensorielle du fromage tout en vérifiant la conformité aux normes réglementaires, assurant ainsi un produit final et de haute qualité pour les consommateurs (Tableau III).

Tableau III : Les différents paramètres physico-chimique et leurs normes selon le journal officiel n°67 du 12 novembre 2014

Catégories des denrées alimentaires	Paramètres physico-chimique	Norme de JORA
Fromage à pâte molle	pH	6,40-7,30
	MG (%)	24-27
	EST(%)	45-55
	G/S%	Min 45%

Analyses microbiologiques

Ce type de contrôle vise, d'une part à vérifier l'absence des germes pathogènes et la présence en nombre limité de microorganismes indicateurs d'hygiène, et d'autre part à contrôler l'absence de germes ayant des incidences technologiques défavorables. Il s'agit des spores, des levures, ainsi des microorganismes (Tableau IV).

Tableau IV : Critères microbiologiques appliqués au fromage et leurs normes selon le journal officiel de l'arrête n° 35 du 27 Mai 1998

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes	Limites microbiologiques (UFC (1)/g ou UFC/ml)	
		m	M
Fromage	<i>Escherichia coli</i>	10 ⁴	10 ⁵
	Coliformes totaux	10 ²	10 ³
	Coliformes fécaux	10	10 ²
	<i>Staphylocoque à Coagulase</i>	10 ³	10 ⁴
	<i>Listeria monocytogenes</i>	100	
	<i>Salmonella</i>	Absence dans 25 g	

- **m** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.
- **M** : nombre de germes présents dans un gramme ou un millilitre de produit analysé, qui correspond à la valeur au-dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

I.5. La conservation des aliments

La conservation des aliments est un processus essentiel pour maintenir la fraîcheur, la qualité et la sécurité des aliments sur une période prolongée, permettant ainsi de les rendre disponibles et consommables ultérieurement. Ce processus implique l'utilisation de diverses techniques et méthodes visant à prévenir la détérioration des aliments, notamment la croissance des micro-organismes, l'oxydation des graisses et la perte de qualité nutritionnelle (Guinee *et al.*, 2017).

Parmi les techniques courantes de conservation des aliments, on retrouve la réfrigération, la congélation, la mise en conserve, la déshydratation, l'ajout de conservateurs chimiques, ainsi que d'autres techniques de transformation alimentaire (Guinee *et al.*, 2017).

Concernant le camembert, denrée alimentaire périssable, sa durée de conservation dépend des conditions de stockage. En général, au réfrigérateur, il se conserve idéalement 1 à 2 semaines, tandis que la congélation peut prolonger cette durée jusqu'à 3 à 6 mois. Toutefois, il est crucial de souligner que la congélation peut altérer la texture et la saveur du fromage (Guinee *et al.*, 2017).

Pour garantir une qualité nutritionnelle et sensorielle optimale, il est conseillé de consommer le Camembert avant la fin de la Date Limite de Consommation (DLC) mentionnés et de suivre les instructions de conservation spécifiques indiquées sur l'emballage (Guinee *et al.*, 2017)

les conditions de stockage optimales pour préserver la qualité sensorielle du Camembert tout au long de sa DLC, incluent une température constante entre 8°C et 12°C , cette plage de température permet de ralentir la croissance des microorganismes indésirables tout en préservant les caractéristiques organoleptiques du fromage et une humidité relative élevée Une humidité relative d'environ 90% est souvent recommandée pour le Camembert, favorisant ainsi une atmosphère idéale à l'intérieur de l'emballage pour maintenir la texture crémeuse et le goût caractéristique du fromage (Guinee *et al.*, 2017).

En outre, L'emballage joue un rôle crucial dans la protection du fromage contre la déshydratation et la contamination microbiologique. Les films plastiques perméables à l'oxygène sont couramment utilisés pour permettre une respiration adéquate tout en préservant la fraîcheur du produit (Spinnler et Gripon, 2004).

I.6. Estimation de la durée de vie d'un aliment

La durée de vie d'un aliment est « la période durant laquelle un produit répond à des spécifications en termes de sécurité et salubrité dans des conditions prévues de stockage, essentiellement la température de conservation d'utilisation ; y compris par le consommateur » (Dgal, 2010).

Il existe deux types de deux date limites apposées sur les produits alimentaires (Tableau V), à savoir :

- DLC : la date limite de consommation
- DLUO : la date limite d'utilisation optimale
- **La date limite de consommation (DLC)**

La DLC, déterminée par des critères de sécurité sanitaire, indique la date jusqu'à laquelle le produit est garanti sûr à consommer dans des conditions adéquates de stockage. Selon le Règlement (UE) n°1169/2011, pour les denrées périssables comme le camembert, on parle de date limite de consommation (DLC). Cette limite est impérative et s'applique à des denrées qui sont susceptibles après une période courte de présenter un danger pour la santé humaine. La mention utilisée sur l'emballage est "À consommer avant le...".

➤ **La date Limite d'utilisation Optimale (DLUO)**

La DLUO (Date Limite d'Utilisation Optimale) est une date indicative, indiquant la date après laquelle le produit peut avoir perdu de ses qualités organoleptiques et nutritionnelles, mais sans présenter de danger pour la santé. Elle est utilisée pour les aliments stérilisés, épicerie sèches, et conserves déshydratées.

Le Règlement (UE) n°1169/2011 décrit la Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) comme la mention « à consommer de préférence avant le », qui représente la date de durabilité figurant sur l'emballage. Cette date n'a pas le même caractère critique que la Date Limite de Consommation (DLC). Bien que le produit puisse avoir perdu un peu de ses qualités organoleptiques et nutritionnelles, il ne présente pas de risque pour la santé des consommateurs et peut être consommé après sa DLUO.

Tableau V: Dates limites d'un aliment (Froncoit 2010 ; Pouyat et Birlouez, 2015)

Les types de la durée de Vie	DLC	DLUO
Qu'est – ce qu'une DLC et DLUO ?	Au-delà de cette date les aliments ne doivent plus être consommés	Qui donne un conseil visant à prévenir le consommateur qu'au-delà de la date mentionnée, la qualité gustative n'est plus Optimale
Comment distinguer-t-on une DLC et DLUO au niveau de l'étiquetage ?	« a consommer jusqu'au... » Suivi de l'indication du jour et du mois	« à consommer de préférence avant le » Suivi de l'indication du jour et du mois et l'année

Quels produits sont concernés ?	S'applique aux denrées alimentaires très fragiles d'un point de vue Microbiologique	Appliquée en fonction de la nature de produit
Qu'elles sont les risques que l'encourt en consommant des produits a date limite dépassée ?	Elle présente un danger pour la santé au bout d'une courte période de conservation	L'ingestion d'un aliment dont la DLUO est dépassé ne présente pas un danger pour la santé de Consommateur
Est –ce que l'indication de la DLC /DLUO est obligatoire ?	Obligatoire (caractère impératif)	Non obligatoire (caractère indicatif)

I.7. La stabilité d'un aliment

La stabilité des aliments se réfère à la capacité d'un produit alimentaire à conserver ses propriétés physiques, chimiques, microbiologiques et nutritionnelles souhaitées pendant une période de temps donnée, et ce malgré les diverses contraintes environnementales, telles que le stockage, la manipulation, le transport et le traitement. En d'autres termes, un aliment est considéré comme stable s'il peut maintenir son intégrité structurelle, sa sécurité microbiologique, sa qualité sensorielle (goût, texture, couleur) et sa valeur nutritionnelle tout au long de son cycle de vie, depuis sa production jusqu'à sa consommation (Corrieu *et al.*,2004).

La stabilité des aliments est influencée par une variété de facteurs, notamment la composition chimique de l'aliment, son activité de l'eau, son pH, sa température de stockage, la présence de micro-organismes, ainsi que les méthodes de transformation et de conservation utilisées (Corrieu *et al.*,2004).

La stabilité du camembert peut être définie comme sa capacité à maintenir ses caractéristiques sensorielles (une texture crémeuse et une saveur équilibrée), physico-chimiques et microbiologiques souhaitées tout au long de sa durée de vie, depuis la fabrication jusqu'à sa consommation (Corrieu *et al.*,2004).

D'autre part, la stabilité du camembert englobe également sa capacité à résister aux altérations physico-chimiques pendant le stockage et la distribution. D'où l'importance d'un emballage

adapté et des conditions de conservation pour minimiser les changements indésirables dans la texture et la saveur du fromage (Papadopoulou *et al.*, 2018).

1.7.1. Facteurs influençant la stabilité du camembert

A. Facteurs physico-chimiques

Les facteurs physico-chimiques, tels que le pH et la composition en matière grasse et en protéines, sont essentiels pour la stabilité du camembert. Le pH joue un rôle crucial dans la maturation du fromage en influençant l'activité enzymatique des microorganismes présents, affectant ainsi la maturation, la texture et le goût du produit final (Corrieu *et al.*, 2004).

➤ **Teneur en matière Grasse**

La composition en matière grasse du camembert est cruciale pour sa texture et son profil sensoriel. En effet, La matière grasse contribue à la sensation crémeuse en bouche et à la rétention des arômes, ce qui est essentiel pour la qualité du fromage. De plus, une teneur en matière grasse adéquate permet également une interaction optimale avec les autres composants du fromage, influençant ainsi sa stabilité physique et sa capacité à maintenir sa forme pendant la maturation (Montel *et al.*, 2014).

➤ **Teneur en protéines**

Les protéines dans le camembert contribuent à la fermeté et à la cohésion de la matrice du fromage, influençant ainsi sa stabilité physique pendant la maturation et au cours du stockage. La qualité et la quantité des protéines présentes peuvent affecter les propriétés organoleptiques du fromage et sa stabilité en générale (Montel *et al.*, 2014).

B. Activité enzymatique

L'activité enzymatique des microorganismes présents dans le camembert est essentielle pour la maturation du fromage. Une activité enzymatique contrôlée est indispensable pour assurer une maturation harmonieuse, qui non seulement préserve, mais aussi améliore la qualité sensorielle du Camembert tout au long de sa durée de vie. En effet, une activité enzymatique optimale favorise la formation d'arômes complexes et contribue à la texture crémeuse et fondante du Camembert (Papadopoulou *et al.*, 2018).

C. Facteurs microbiologiques

Les communautés microbiennes, telles que les bactéries lactiques, flore de surface, les moisissures, et la microflore indésirable ont un impact significatif sur la stabilité du camembert,

des variations dans la population microbienne peuvent influencer la production d'enzymes et de composés aromatiques, déterminant ainsi la texture et la complexité gustative du Camembert au cours de sa maturation (Gagnaire *et al.*, 2015).

D. Conditions de stockage et d'emballage

Les conditions de stockage, telles que la température et l'humidité, ainsi que le choix de l'emballage sont cruciales pour maintenir la stabilité du Camembert et préserver ses caractéristiques sensorielles. Des conditions de stockage inappropriées peuvent entraîner une croissance microbienne excessive ou altérer la texture du fromage d'où un emballage adéquat est également essentiel pour protéger le Camembert contre l'oxydation et les contaminations extérieures, préservant ainsi sa fraîcheur et sa qualité (Settanni *et al.*, 2012).

En comprenant et en contrôlant ces éléments, les producteurs peuvent élaborer des produits sûrs, sains et de haute qualité, répondant aux normes de sécurité alimentaire et aux préférences des consommateurs.

I.8. Test d'évaluation de la stabilité des aliments

Pour évaluer la durée de vie de certains produits agroalimentaires, il est parfois nécessaire de conduire des tests de stabilité. Ceux-ci permettent de tester la durabilité des produits stockés dans des conditions appropriées via la vérification de caractéristiques organoleptiques, chimiques et microbiologiques tout au long de leur durée de vie prévue. Ils peuvent également être mis en œuvre pour valider un nouvel emballage, un changement d'ingrédient.

Il ne peut y avoir de protocole standard de stabilité car il existe une grande variété de produits agroalimentaires. Selon les produits, des protocoles de test sont définis avec les conditions et paramètres de suivi les plus pertinents.

Les tests de stabilité pour le camembert pendant sa date limite de consommation incluent des évaluations microbiologiques, sensorielles et physicochimiques pour garantir sa qualité et sa sécurité. Ces tests permettent de vérifier la résistance du fromage aux conditions de stockage et de transport.

Dans ce travail, on s'y basé sur le test de vieillissement, également connu sous le nom d'analyse à la date limite de consommation, est une méthode utilisée pour évaluer la stabilité et la durée de vie microbologique d'un produit alimentaire. Ce type de test a pour objectif de simuler les conditions de stockage et d'utilisation des aliments pour prédire leur comportement et leur stabilité au cours de la durée de vie prévue.

Ce test consiste à conserver certaines denrées alimentaires en faisant varier raisonnablement la température afin de simuler les effets du temps sur le produit. Ce test est basé sur les paramètres essentiels de durée de conservation et de température qui influencent le développement microbien.

Dans le cas des produits périssable, cas de camembert, et en condition de chaine de froids non maitrisé, on a suivi les recommandations de test décrit dans la norme NF V01-003 qui est expliquée dans la partie matériels et méthodes.



***Matériels &
Méthodes***

II. Matériels et Méthodes

2.1. Présentation de la laiterie-fromagerie « Le Fermier »

Notre travail a été réalisé au niveau de la laiterie-fromagerie (STLD) « Société de Transformation du Lait et Dérivés » : Le Fermier. Cette entreprise privée située dans la zone d'activité de Draâ Ben Khedda, à Tizi-Ouzou, Algérie. Elle a été créée le 16 avril 2004 et compte un effectif de 106 employés.

La laiterie-fromagerie STLD est spécialisée dans la transformation de lait cru collecté localement, principalement dans les régions de Boumerdes, Tizi-Ouzou, et Bejaia (Annexe 1). Elle produit une large gamme de produits à partir de ce lait, notamment des fromages à pâte molle et dure, du lait fermenté conditionné (l'Ben et Raïb), fromage à pâte pressée, des préparations fromagères, et du lait de vache entier. La laiterie-fromagerie STLD est connue pour sa production de fromage à pâte molle, notamment le camembert, qui est fabriqué suivant des normes de qualité et de sécurité élevées.

L'unité comporte différents compartiments :

- Bloc administratif ;
- Cantine ;
- Salle de réception de lait ;
- Laboratoire d'analyses microbiologiques et physicochimiques ;
- Salle de pasteurisation ;
- Atelier de production de fromage à pâte molle ;
- Hâloirs d'affinage ;
- Atelier de production de fromage à pâte pressée ;
- Atelier d'emballage et conditionnement ;
- Atelier lait et crème fraîche.

2.2. Matériels

Le matériel, l'appareillage, les produits chimiques et réactifs utilisés dans notre étude sont cités dans l'annexe 02.

Matériel biologique

- **Matière premier (le lait)**

Dans la fabrication du camembert, la matière première utilisée est du lait de vache cru, qui est provenu de plusieurs régions (Tizi-Ouzou, Boumerdès, Bejaïa). Le lait est transporté à l'usine dans des camion-citerne spécialement conçus à cet effet.

- **Produit fini « Camembert »**

Le camembert est une denrée alimentaire périssable dont on veut évaluer sa stabilité durant la durée de consommation préconisée par l'unité de production. Pour cela, nous avons appliqué le test de vieillissement en suivant le protocole décrit dans la norme NF V01-003 qui est conçu dans des conditions de conservation d'une chaîne du froid partiellement maîtrisée. Ainsi les échantillons seront conservés pendant le 1/3 de la DLC (soit de J0 à J15) à +4°C et 2/3 de la DLC (soit de J15 à J45) à +12°C (Tableau I).

Les analyses physicochimiques et microbiologique ont été effectuée sur le camembert issu de deux productions au niveau de laboratoire du laiterie.

Tableau VI : Protocole d'échantillonnage

		J0	J8	J15	J30	J45
		T : 4°C			T : 12°C	
Nombre d'échantillons	1^{ere} production	2	2	2	2	2
	2^{eme} production	2	2	2	2	2

Le processus de fabrication de camembert au niveau de l'unité STLD « Le fermier » est récapitulé dans le diagramme suivant :

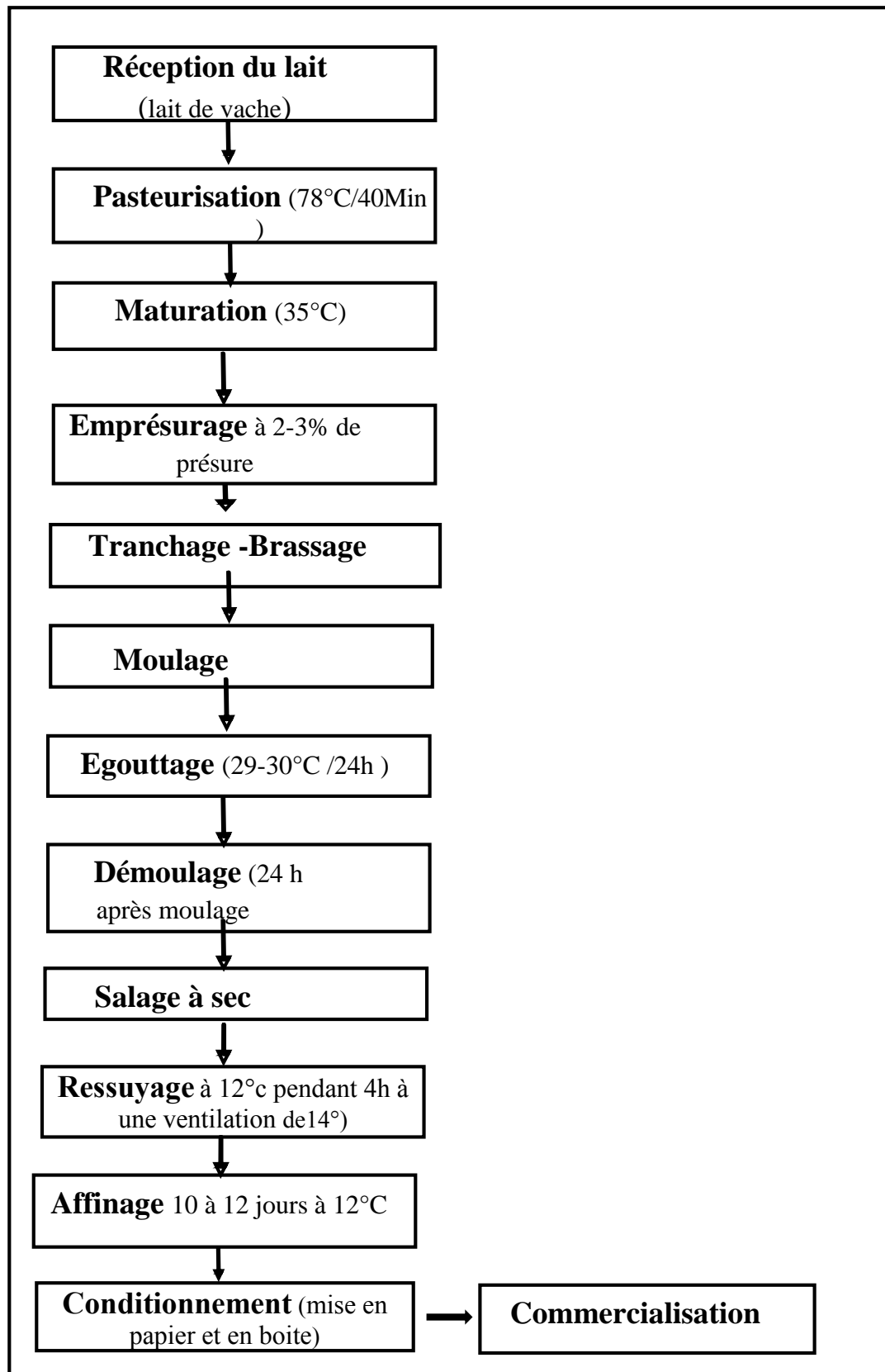


Figure 12 : Diagramme de fabrication du camembert à la laiterie-fromagerie « Le FERMIER » de Tizi-Ouzou

2.3. Méthodes d'analyses

Tableau VII : Les analyses microbiologiques et physicochimiques effectuées sont récapitulées dans le tableau suivant :

Echantillons	Paramètres
Matière première « Lait cru »	Analyses physico-chimiques <ul style="list-style-type: none"> • PH • Acidité • Matière grasse (MG) • Extrait sec dégraissé • Extrait sec total (EST) • Densité • Teneur en protéines • Lactose • Point de congélation
	Analyses microbiologiques <ul style="list-style-type: none"> • coliformes totaux • coliformes fécaux
Produit fini « camembert »	Analyses physico-chimiques <ul style="list-style-type: none"> • PH • Extrait sec total • Matière grasse
	Analyses microbiologiques <ul style="list-style-type: none"> • coliformes totaux • coliformes fécaux

2.3.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont essentielles pour garantir la qualité nutritionnelle et organoleptique des produits laitiers, du lait cru jusqu'aux produits finis.

2.3.1.1. Matière première (lait cru de vache)

➤ Mesure du pH

La mesure du pH du lait à la réception est essentielle pour évaluer la qualité et la sécurité du produit. Cette mesure est effectuée à une température du lait de +20 °C à l'arrivée des échantillons au laboratoire, la valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre préalablement étalonné.

➤ Détermination de l'acidité titrable ou acidité Dornic dans le lait

L'acidité titrable du lait représente la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques. L'acidité du lait est exprimée en degrés Dornic (°D) ou en grammes d'acide lactique par litre de lait.

La mesure est effectuée selon la Norme Française 04-206 (Janvier 1969) qui consiste à neutraliser l'acide lactique contenant dans l'échantillon du lait par une solution alcaline en présence d'un indicateur coloré.

Un volume de lait (10 ml) additionnés de deux gouttes de phénolphtaléine ont été titrés avec une solution de NaOH (0,11 N) jusqu'à l'obtention d'un virage de couleur rose clair. L'acidité Dornic est équivalente au dixième de volume en ml de soude versé pour avoir le virage de l'indicateur.

➤ Détermination de la densité du lait

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du lait à 20°C et la masse du même volume d'eau. La mesure de la densité est réalisée par un thermo-lactodensimètre.

Pour la mesurer, il suffit de plonger l'instrument avec le thermomètre dans une éprouvette remplie du lait et de lire la valeur sur l'échelle graduée. La densité est exprimée comme suit :

- Si la T° lue < 20°C → $D = D \text{ lue} - (0,2 \times T^\circ \text{ lue})$
- Si la T° lue > 20°C → $D = D \text{ lue} + (0,2 \times T^\circ \text{ lue})$
- Si la T° lue = 20°C → $D = D \text{ lue}$

Dont

T° lue : température du lait.

D lue : Densité du lait.

0,2 : coefficient de correction.

➤ **Détermination de la MG, EST, la teneur en protéines et en lactose dans le lait**

La détermination de la MG, EST, teneur en protéine et le lactose dans le lait, se fait à l'aide d'un appareil spécifique appelé « Lactostar » où une quantité de 10 ml de lait est introduite après le nettoyage et l'étalonnage de cet appareil. La lecture se fait directement sur l'écran et les résultats sont donnés en pourcentage (%).

2.3.1.2. Produit fini (Camembert)

➤ **Mesure du pH**

La mesure du pH de camembert est réalisée par un pH-mètre comme pour la matière première.

➤ **Détermination de la matière grasse**

La MG de camembert est déterminée selon la méthode de **Gerber (1890)**, qui repose sur la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre.

Trois grammes du camembert sont placés dans le godet du butyromètre spécifique pour le fromage, puis à l'aide d'une pipette, 10 ml de l'acide sulfurique à 62,9% sont versés jusqu'à ce que le camembert soit totalement immergé. Après avoir fermé l'ouverture de remplissage du butyromètre avec un bouchon, on place le butyromètre à l'échelle vers le haut dans un bain marie à 80°C pendant 45 minutes. Par la suite, on agite le butyromètre jusqu'à la dissolution complète du fromage, puis on le retire du bain marie et on ajoute 1 ml d'alcool iso-amylque.

Immédiatement, le butyromètre est placé dans la centrifugeuse GERBER, à une vitesse de 360 tours par minute, pendant 5 minutes. La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.

➤ **Détermination de l'extrait sec total**

L'extrait sec total est déterminée à l'aide d'un dessiccateur infrarouge MA 35 , il est composé d'une unité de pesage et de chauffage halogène, qui consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée. Le pourcentage d'humidité est calculé par la différence entre le poids humide initiale et le poids sec final. La valeur de l'extrait sec total, exprimée en pourcentage, est lue directement sur l'écran de l'appareil.

➤ **Détermination de la teneur en matière sèche dégraissée**

La matière sèche dégraissée est obtenue par la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} H &= 100 - EST \\ ESD &= EST - MG \end{aligned}$$

H : l'humidité

ESD : extrait sec dégraissé

EST : extrait sec total

MG : matière grasse

➤ **Détermination du rapport Gras sur Sec « G/S »**

La mention G/S peut figurer sur l'étiquette du fromage, ce rapport est un bon indicateur de la composition et de la texture des camemberts, il est exprimé en pourcentage (%). Il nous permet de vérifier la conformité de nos échantillons en matière grasse et en matière sèche.

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

G/S : rapport matière grasse et extrait sec du « Camembert » exprimé en (%).

MG : teneur en matière grasse du « Camembert » exprimé en (%).

EST : teneur en extrait sec du « Camembert » exprimé en (%)

2.3.2. Analyses microbiologiques

Les prélèvements et les analyses microbiologiques ont été effectués dans des conditions stériles, assurée par l'utilisation d'une flamme. Tous les instruments utilisés pour le prélèvement sont propres et stériles pour éviter la contamination des échantillons. Ces

analyses sont effectuées dont le but d'évaluer et de contrôler la qualité hygiénique et les caractéristiques microbiologiques des échantillons prélevés.

2.3.2.1. Les germes recherchés

Les germes recherchés dans les différents échantillons du lait et camembert au niveau de laboratoire de l'unité sont les germes d'altération, Les coliformes totaux et Les coliformes fécaux, indiqués dans le Journal Officiel de la République Algérienne n°39 2 juillet 2017.

a. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives de la famille des entérobactéries, à Gram négatif, asporulées, et en forme de bâtonnet. Ce groupe de bactéries vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce sont un indicateur important de la qualité hygiénique du produit alimentaire.

b. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, également connus sous le nom de coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux qui peuvent fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. Ils sont principalement représentés par l'espèce *Escherichia coli* (*E. coli*), et dans une moindre mesure, par certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La présence de coliformes fécaux dans l'eau ou les aliments est généralement un indicateur de contamination fécale, ce qui peut signaler un risque pour la santé publique en raison de la possible présence d'autres pathogènes. La surveillance des coliformes fécaux est un aspect essentiel du contrôle de la qualité dans l'industrie alimentaire.

2.3.2.2. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

➤ Le lait

Le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est effectué sur une dilution décimale du lait au 1/10, en utilisant la gélose lactosée VRBL "Violet Red Bile Lactose" de désoxycholate de sodium.

12 ml de gélose au désoxycholate sont mélangées avec 1 ml de l'inoculum (la dilution 1/10 du lait), l'ensemble est versé dans des boîtes de pétri et laisser solidifier. Une fois le milieu est solidifié 4 ml de la gélose non ensemencé sont rajoutés.

Les boîtes sont placées à $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures pour les coliformes totaux et à $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures pour les coliformes fécaux. Après 24h d'incubation, le dénombrement est effectué.

➤ **Produit fini (camembert)**

Neuf grammes de camembert prélevé aseptiquement de chaque échantillon sont introduit dans un sachet stomacher, contenant 120 ml de l'eau physiologique qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents dans le produit. Ensuite, le sachet est scellé et placé dans un agitateur stomacher. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'homogénéisation de contenu.

A partir de la solution mère issu de stomacher, des dilutions décimales sont réalisées. On prélève aseptiquement 1 ml de chaque dilution et on l'introduit dans une boîte de Pétri vides numérotées (2 boîtes pour chaque prélèvement). Ensuite, on verse dans chaque boîte environ 29 ml de la gélose VRBL refroidie à 45°C . On homogénéise le contenu de la boîte, en réalisant des mouvements en forme de « 8 ».

Par la suite, une série de boîtes sont incubées à 30°C , pendant 24 à 48 h afin de rechercher les coliformes totaux, et une autre série est incubée à 44°C pendant 24 à 48 h pour rechercher les coliformes fécaux. Après 24h d'incubation, le dénombrement est effectué.



***Résultats &
discussion***

III. Résultats et discussion

L'objectif de ce présent travail est d'étudier la stabilité d'un fromage à pâte molle 'camembert' durant la période de consommation DLC déterminée par l'entreprise qui est de 45 jours.

Pour cela, nous avons effectué un test de vieillissement qui est basé sur l'analyse physicochimique et microbiologique de camembert durant la période de consommation à deux températures 4°C et 12°C.

3.1. Matière première « Lait de vache cru »

3.1.1. Analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physicochimiques de lait de vache sont indiqués dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Résultats d'analyses physicochimiques du lait de vache

Paramètres	Production 01	Production 02	Normes selon JORA
pH	6,63	6.71	6,6 - 6,8
Acidité (°D)	17	17	16 – 18
Densité	1028,6	1028,2	1027– 1030
EST (g/l)	77,1	77,4	125
ESD (g/l)	75	76	90 g/l
MG (%)	33,3	33,6	34-36
Protéine g/l	30,6	29,9	34-36
Lactose g/l	41,9	42,3	48 -52

JORA : Journal Officielle de la République Algérienne N° 58, 4 novembre 2015.

Les résultats du pH obtenus (Tableau VIII) pour le lait de vache cru analysés allant de 6,63 à 6,71, ces valeurs sont conformes aux normes internes de l'entreprise qui correspond

aux normes indiquées dans le Journal Officielle de la République Algérienne N° 58, 4 novembre 2015. Le lait réceptionné est en bon état et apte la transformation en camembert.

L'acidité Dornic du lait analysé est de l'ordre de 17°D (Tableau VIII), ce qui est dans l'intervalle recommandé par l'entreprise pour un lait frais, qui peut avoir une acidité comprise entre 16 et 18°D. Cette mesure est essentielle pour vérifier les bonnes pratiques d'hygiène adoptées dans les élevages, car elle permet de détecter des altérations ou des impuretés dans le lait (Patrik angland *et al.*, 2010)

Concernant la densité, notre analyse révèle des valeurs de densité qui se situent entre 1028.2 et 1028.6, qui sont conforme à la norme de l'entreprise qui est de 1027 à 1030. Ce paramètre est très recherché dans l'industrie car il permet la détection des fraudes. Dans notre cas, les résultats obtenus sont conformés aux normes de Journal Officielle de la République Algérienne N° 58 4 novembre 2015.

Selon le tableau VIII , Les valeurs enregistrées pour l'extrait sec se situent entre 77.1g/l et 77.4 g/l, qui sont inférieures aux normes établies par le Journal Officiel N 96 (1998) et celles de l'AFNOR 2001. Plusieurs études ont démontré que la variation de la teneur en extrait sec total est influencée par divers facteurs tels que la qualité et la quantité d'eau disponible pour les animaux (Khaskheli *et al.*, 2005). En été, la teneur en eau du lait augmente, ce qui entraîne une diminution de sa matière sèche sous l'effet du stress hydrique.

L'extrait sec dégraissé exprime la teneur du lait en éléments secs débarrassés de la matière grasse. Elle est beaucoup plus constante que la matière sèche totale, et toujours voisine de 90 dans le lait (Veisseyre, 1975) . Les valeurs de l'ESD des échantillons analysés sont de l'ordre 75 et 76, qui sont inférieurs aux normes établies par l'entreprise (Tableau VIII). Cela peut être expliqué par la richesse de ce lait en matière grasse et selon Coubronne *et al.* (1980), les rations peu énergétiques réduisent le taux d'extrait dégraissé. Cette disparité peut être expliquée par plusieurs facteurs.

D'ailleurs, la composition du lait varie naturellement en fonction de paramètres tels que l'alimentation des vaches, leur génétique et la période de lactation (Smith *et al.*, 2018). De plus, il est essentiel que les méthodes d'analyse utilisées pour évaluer l'extrait sec dégraissé soient rigoureusement standardisées afin d'assurer des résultats précis et comparables. En outre, les différences dans les techniques d'échantillonnage et de laboratoire peuvent également contribuer aux écarts observés dans les résultats

Selon le tableau VIII , les taux de la matière grasse du lait analysés (production 01 :33,3% ; production 02 :36 %)) sont similaire à ceux décrits dans le Journal Officielle de la République Algérienne N° 58 de 4 novembre 2015.La matière grasse est un critère relativement variable qui est fortement lié à la race, la traite, l'alimentation de l'animal, période et stade de lactation, et la saison (Courtet, 2010).

De plus, Srairi *et al.* (2006) ont souligné que le taux butyreux est la caractéristique physico-chimique la plus variable du lait, étant fortement influencé par la nature des fibres présentes dans les concentrés utilisés dans l'alimentation des vaches laitières. Une alimentation riche en cellulose, qui favorise la production d'acide acétique, conduit à une augmentation du taux butyreux (Cauty et Perreau, 2009).

La teneur en protéines du lait, telle qu'indiquée dans le tableau VIII, se révèle être inférieure aux standards définis par l'entreprise. Il est important de noter que la composition nutritionnelle du lait est sujette à des variations significatives influencées par la phase de lactation. En effet, Legarto *et al.* (2014) soulignent que la teneur en protéines tende à diminuer progressivement au fil de la lactation.

En outre, le régime alimentaire des bovins est un facteur déterminant pour la qualité du lait. Les travaux de Smith *et al.* (2018) ont démontré que les régimes à forte teneur en céréales peuvent entraîner une baisse de la teneur en acide aminé essentiel, en comparaison avec les régimes principalement composés d'herbe.

3.1.2. Analyse microbiologique du lait

Les microorganismes spécifiquement recherchés dans les analyses microbiologiques sont des marqueurs d'une hygiène insuffisante. La qualité microbiologique du lait est évaluée en adéquation avec les critères des normes algériennes, qui sont détaillés dans le Journal Officiel de la République Algérienne, numéro 39, publié le 2 juillet 2017. La réalisation de ces analyses est essentielle pour confirmer que le lait ne représente aucun danger pour la santé des consommateurs, garantissant ainsi un produit sûr et de qualité.

Tableau IX : résultats d'analyses microbiologique du lait de vache (après pasteurisation)

	Coliforme totaux	Coliformes fécaux	Norme JORA
Production 01	Abs	Abs	10 ²
Production 02	Abs	Abs	10

Abs : Absence.

Selon les résultats du tableau IX, on marque une absence totale des coliformes dans les laits analysés, ce qui démontre l'efficacité du processus de pasteurisation pour éliminer les bactéries potentiellement pathogènes. Cela confirme que le lait a été correctement traité, réduisant ainsi le risque de maladies d'origine alimentaire et assurant la sécurité des consommateurs. La pasteurisation est une étape cruciale pour garantir la qualité microbiologique du lait et sa conformité avec les normes sanitaires en vigueur.

A l'égard des résultats de différentes analyses, le lait analysé est jugé par l'entreprise acceptable pour la transformation en produits dérivés, notamment en camembert.

3.2. Produit fini

3.2.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de produit fini issus des deux productions au début, milieu et fin de la période de consommation (DLC) sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau X : Résultats d'analyses physico-chimiques de produit fini (du j0 au J45)

		À 4°C			À 12°C		Norme JORA (Norme d'E/Se)
	Paramètres	J0	J8	J15	J30	J45	
Production 01	pH	5,33	5,91	6,11	6,33	7,27	6,40-7,30
	MG%	24	24	25	26	27	24-27
	EST%	50,08	50,45	50,66	51,61	51,69	45-55
	G/S%	47,92	47,57	49,34	50,37	52,23	Min 45%
Production 02	pH	5,30	6,01	6,10	6,45	7,30	6,40-7,30
	MG%	24	25	25	26	27	24-27
	EST%	48,55	48,85	50,59	52,22	53,01	45-55
	G/S%	49,43	51,17	51,39	49,78	50,93	Min 45%

G/S : Gras / sec. E/se : Entreprise.

Les résultats du pH des échantillons analysés des deux productions (tableau X), montrent un pH qui oscille de 5 à 7, avec une augmentation relativement faible à partir de 8^{ème} jours de conservation à 4°C jusqu'à la fin de DLC. Cette augmentation peut être attribuée à plusieurs processus physico-chimiques et microbiologiques. À des températures de conservation relativement basses comme 4°C, il est commun de constater une activité microbiologique résiduelle, malgré des conditions de réfrigération, ce qui peut conduire à la métabolisation de substrats

disponibles et à la production de métabolites alcalins, influençant ainsi le pH (Adams *et al.*, 2020).

En sommes, cette variation n'affecte pas la qualité de produit du fait que les mesures du pH répondent aux normes de l'entreprise indiquées dans le Journal Officielle de la République Algérienne N° 58 4 novembre 2015.

Concernant la teneur en MG, selon le tableau X, on constate une augmentation de taux de MG de 24 à 25 % durant la conservation à 4°C suivi d'une augmentation jusqu'à 27% au 45^{ème} jours de conservation à 12°C. Etant donné, qu'une augmentation de la température de conservation au-delà de 6°C peut favoriser une lipolyse excessive, ce qui peut augmenter la matière grasse du fromage. L'augmentation de la température de conservation du fromage au-delà de seuils recommandés peut entraîner une augmentation mesurable de sa teneur en matières grasses, principalement en raison de la lipolyse accrue des graisses (Ferreira *et al.*, 2015).

Par ailleurs, ces taux de matière grasse concordent avec les résultats de Hardy (1997) qui a signalé des taux varie entre 24 à 27% pour les fromages à pâte molle. De plus les résultats trouvés pour nos échantillons durant la durée de conservation répondent aux normes de qualité de l'entreprise.

D'après le Tableau X, on remarque que la teneur en EST des échantillons issus des deux productions présente une teneur moyenne de 49 % durant la conservation à 4°C, qui est relativement basse comparativement à celle enregistré (52%) à 12°C de conservation. Ces résultats sont en accord avec les données de Hardy (1997), qui ont signalé une teneur moyenne en EST des fromages à pâte molle comprise entre 45 et 55%. D'autre part, McMahan *et al.* (1999), ont démontré que la teneur en matière sèche des fromages varie en fonction de la teneur en matière grasse et du taux protéique du lait.

Cette augmentation observée au fil du la durée de conservation, notamment à 12°C peut être due aux enzymes présentes dans le fromage, telles que les lipases et les protéases qui deviennent plus actives, favorisant ainsi la dégradation des lipides et des protéines. Cette activité enzymatique libère des acides gras libres et des acides aminés, qui contribuent à augmenter la teneur en EST du fromage (McMahan *et al.*, 1999), tandis que cette variation n'influence pas la qualité de produit dont les mesures sont conformes aux normes en vigueur.

Le rapport G/S des échantillons analysés, comme enregistré dans le tableau IX, varie entre 47 et 52% pour les deux productions tout au long de la durée de conservation. Ces résultats sont cohérents avec les observations de Galli *et al.* (2019), qui ont rapporté que ce rapport est

compris entre 45 et 55%. De plus, ces valeurs sont également conformes aux normes de l'entreprise, qui considère que le rapport G/S est acceptable si sa valeur est au minimum de 45%.

Partant de ces résultats des analyses physicochimiques, il s'est avéré que le produit présente une stabilité physicochimique, reflétant ainsi sa qualité nutritionnelle lorsqu'il est conservé dans les conditions préconisées. Ce test est un indicateur de la fiabilité des informations nutritionnelles fournies sur l'emballage, confirmant l'adéquation entre les valeurs déclarées et les caractéristiques réelles du produit.



القيم الغذائية المتوسطة لكل 100 غ			
Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 g			
Valeur énergétique en Kcal	298	القيمة الطاقوية	كيلوجول
en KJ	1245,64	كيلوجول	كيلوجول
Protéines en g	22	بروتينات غ	
Glucides en g	traces / آثار	غلويسيدات غ	
Dont Sucre	traces / آثار	سكر اجمالي	
Lipides en g	21	الدهن غ	
Dont acides gras saturés en g	11	بما فيها من احمض دهنية مشبعة غ	
Calcium en mg	370	الكالسيوم مغ	
Sel en g	2 à 3	ملح غ	

يستحسن استهلاكه خلال 45 يوم.

Figure14 : l'emballage du camembert « le fermier »

3.2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du produit fini permettent de garantir que le camembert produit par la laiterie « le fermier » est sûr pour la consommation et répond aux normes de qualité requises. Les résultats des analyses microbiologiques du camembert conditionné, réalisées après 12 jours de sa fabrication, sont présentés dans le Tableau XI.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées sur les germes d'altérations, notamment les coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux (CF). Ce critère de conservabilité "coli-formes" renseigne sur la qualité bactériologique du produit et peut être en rapport avec une contamination d'origine humaine ou animale, déterminant ainsi la durée de vie microbiologique des aliments.

Tableau XI : Résultats d'analyses microbiologique de produit fini de (j0-j45)

		Production 01		Production 02		Normes JORA (norme interne d'E/SE)(UFC/ml)
Tempéra- tures	Échantillons	CT	CF	CT	CF	
4°C	J0	09	01	280	51	CT=10³ CF=10²
	J8	17	08	284	54	
	J15	24	11	300	63	
12°C	J30	30	14	560	70	
	J45	32	20	700	75	

CT : Coliformes totaux.

CF : Coliformes fécaux.

Les résultats de cette analyse montrent une présence des coliformes totaux et fécaux dans le produit final pour les deux productions, tandis qu'elles sont relativement inférieures dans la 1ère production aux deux températures testées tout au long de la durée de consommation. De plus, on constate une évolution relativement lente de la charge microbienne en coliforme de J0 à J15 à +4°C suivi d'une évolution accélérée de J15 au J45 correspond au stockage à +12 °C, notamment dans le cas des coliformes fécaux.

La présence de coliformes totaux et fécaux dans le produit final peut être due à des conditions hygiéniques non optimales pendant la préparation et la manipulation du produit. Selon Quittet et Nelis (1999), l'Homme est le principal vecteur de contamination, car il est naturellement porteur de germes sur les mains, les cheveux, le nez et la bouche. Cependant, cette contamination peut également être d'origine de l'équipement laitier qui peut présenter des coliformes dans les résidus humides (Larpen, 1990).

Néanmoins, cette présence des coliformes est acceptable selon les normes indiquées par l'entreprise, à savoir 10³ (UFC/ml) pour les coliformes totaux et 10² (UFC/ml) pour les coliformes fécaux. En effet, du point de vue microbiologique, le produit est de qualité microbiologique satisfaisante comparativement à la réglementation en vigueur.

L'analyse microbiologique du camembert pendant sa durée de conservation à différentes températures est essentielle pour évaluer sa sécurité alimentaire. À 12°C, les coliformes, indicateurs de contamination potentielle, peuvent se développer plus rapidement, ce qui souligne

l'importance d'un contrôle rigoureux de la température pour maintenir la qualité microbiologique du fromage. En revanche, à 4°C, les conditions limitent la croissance des coliformes, contribuant ainsi à assurer la sécurité et la qualité du camembert tout au long de sa DLC.

Les analyses microbiologiques sont essentielles pour surveiller les niveaux de micro-organismes indicateurs de la sécurité alimentaire, comme les coliformes et les pathogènes potentiels (Brito *et al.*, 2021). Les analyses physico-chimiques, telles que la mesure du pH, de l'extrait sec et de la teneur en matière grasse, sont cruciales pour évaluer la stabilité du camembert, influençant à la fois sa qualité sensorielle et sa sécurité microbiologique (Oliveira *et al.*, 2020).

En combinant ces approches analytiques, les producteurs peuvent assurer une gestion efficace de la qualité et de la sécurité du camembert tout au long de sa DLC, conformément aux normes réglementaires du Journal Officiel de la République Algérienne et aux attentes des consommateurs.



Conclusion

Conclusion

L'étude de la stabilité du camembert à pâte molle pendant sa période de consommation (DLC) à différentes températures a permis d'évaluer rigoureusement ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, ainsi que leur impact sur la qualité et la sécurité alimentaire. À travers une série d'analyses détaillées, nous avons observé diverses variations influencées par les conditions de conservation, tout en respectant les normes et réglementations en vigueur.

Les analyses initiales du lait de vache utilisé pour la production de camembert ont révélé des caractéristiques conformes aux normes de qualité et de sécurité établies. Le lait était de bonne qualité, avec des niveaux adéquats d'acidité Dornic, de densité, d'extrait sec et de matière grasse, répondant ainsi aux critères requis pour la transformation en fromage. Les analyses microbiologiques ont confirmé l'absence de coliformes, indiquant une bonne hygiène lors de la collecte et du transport du lait.

Les résultats des analyses physico-chimiques du camembert pendant sa conservation ont montré une légère variation dans le PH. À 4°C, le pH est resté relativement stable autour de 5, tandis qu'à 12°C, une légère augmentation a été observée, atteignant environ 5,5 à la fin de la DLC. Ces variations sont cohérentes avec les réactions biochimiques naturelles du fromage à différentes températures, influençant ainsi son développement sensoriel et sa stabilité microbiologique.

L'analyse de l'extrait sec total (EST) a montré une stabilité autour de 49% à 4°C, avec une tendance à augmenter jusqu'à environ 52% à 12°C vers la fin de la période de conservation. Ces observations sont en accord avec les données antérieures et reflètent une activité enzymatique accrue à des températures plus élevées, favorisant la dégradation des protéines et des lipides.

La teneur en matière grasse du camembert a également montré une augmentation modérée avec la température de conservation, restant dans les plages typiques rapportées pour ce type de fromage. Cette lipolyse contrôlée est essentielle pour le développement des caractéristiques organoleptiques du camembert tout en respectant les normes de qualité établies.

Les analyses microbiologiques ont mis en évidence une présence régulée de coliformes totaux et fécaux tout au long de la DLC. Bien que leur présence soit observée dans les limites acceptables définies par les normes de sécurité alimentaire, une croissance accrue a été notée à

des températures plus élevées (12°C). Cela souligne l'importance critique du contrôle strict de la température pour éviter toute contamination bactérienne potentiellement nocive.

En conclusion, malgré les variations observées dans les paramètres physico-chimiques et microbiologiques en fonction des conditions de conservation, le camembert produit par la laiterie "Le Fermier" démontre une stabilité globale satisfaisante tout au long de sa DLC de 45 jours. Les résultats des analyses indiquent que le produit final répond aux normes de qualité et de sécurité établies, assurant ainsi sa consommation sans risques pour les consommateurs.

Pour optimiser encore la qualité et la sécurité du camembert, il est recommandé de renforcer les pratiques d'hygiène tout au long du processus de production et de stockage.

Des études futures pourraient également explorer davantage l'impact des conditions spécifiques de production sur la composition et les propriétés du fromage, en particulier en ce qui concerne les variations de température et d'activité enzymatique.

En combinant une surveillance rigoureuse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, les producteurs peuvent garantir une constance dans la qualité du camembert, répondant ainsi aux attentes des consommateurs et aux exigences réglementaires en matière de sécurité alimentaire.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

- **Abdoune, M. A. (2003).** Effet de l'homogénéisation sur les caractéristiques physico-chimiques du lait. *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, 16(2), 255-266.
- **Adams J, MR, Moss MO., & McClure P. (2020).** Microbial Ecology of Fresh Produce: Sources of Contamination and Beneficial Microorganisms. In: Doyle M.P., & Buchanan R.L. (eds), *Food Microbiology*. ASM Press, Washington, DC, 1-30.
- Angland P., et al. (2010). *Analyse de la qualité du lait : méthodes de laboratoire et applications*. Éditions Lavoisier.
- **Bertrand B. (1988).** *Fromagerie : La technologie du fromage au lait cru*. Technique & Documentation, Lavoisier, France.
- **Brito L. F., Silva R. D., Santos A. M., & Souza L. S. (2021).** Importance of microbiological analysis to monitor levels of indicator microorganisms for food safety, such as coliforms and potential pathogens. *Journal of Food Safety*, 43(2), 12876.
- Cauty I., & Perreau, J.-M. (2009). *La conduite du troupeau laitier* (2nd éd.). France Agricole. pp. 26-43.
- **Cholet O. (2006).** Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat, l'Institut National Agronomique Paris Grignon.
- **Courtet F. (2010).** *Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras*.
- **Dahou A., Elamine B., Ahmed M. A., Homrani A., Latreche B., & Ait Saada D. (2017).** Effect of processing technology on the biodiversity of the bacterial flora of an industrial cheese Camembert soft type. *Advances in BioResearch*, 8, 197-207.
- **Delavenne E., Mounier J., Asmani K., Jany J. L., Barbier G., & Le Blay, G. (2012).** Characterization of the microbial diversity and the chemical composition of Camembert- type cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3513-3526.
- **Djenane D. (1991).** Contribution à l'étude du salage du fromage : effets des traitements et procédés de salage sur la maturation du fromage. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne.

- **Dillon J.C. & Berthier A.M. (2006).** Le fromage dans l'alimentation in « Le fromage ». Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- **Eck. A & Gillis J.C. (1997) :** *Le fromage de la science à l'assurance qualité*, 3^{ème} Edition, Lavoisier, Paris, 692 – 702 -707.
- **Eck .A et Gillis J.C. (2006) :** *Le fromage*, 3^{ème} Edition Lavoisier, Paris.891.
- **Favier J.C. (1986)** .Composition du lait de vache: Lait de consommation.
- **Fernández A., & McSweeney P. L. H. (2017).** *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects*. Academic Press.
- **Ferreira I. M., Pinho O., & Ferreira MA. (2015).** Lipolysis and lipid oxidation in cheese: A review. *Food Chemistry*, 190, 850-859.
- **Galanakis C. M. (2018).** *Food Quality and Shelf Life*. Academic Press.
- **Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2004).** Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology (2, Major Cheese Groups). *Springer Science & Business Media*.
- **Fredot E. (2009).** *Connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. 2^{ème} Edition. Lavoisier, 530.
- **Galanakis C. M. (2018).** *Food Quality and Shelf Life*. Academic Press.
- **Galli B. D., Baptista D. P., Cavalheiro F. G., Negro F., Eberlin M.N., & Gigante, M. L. (2019).** Peptide profile of Camembert-type cheese: Effect of heat treatment and adjunct culture *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food research international*, 123, 393-402.
- **Hardy J. (1997).** L'activité de l'eau et le salage. In *le fromage*. Technique & Documentation, Lavoisier, Paris, 62-84.
- **Hinrichs J. (2008).** *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Wiley-Blackwell.
- **Jora. (1993).** Arrête interministérielle du 29 safar 1414 correspondant au 18 Aout 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certain lait de consommation . *Journal Officiel de la République Algérienne*, N °: 069 du 27 – 10 – 1993 ,16 -18.
- **Jouve J L. (1996).** *Qualité microbiologique des aliments* (nature et critère). Edition polytechnica.

- **Kèkè M. B., & Yèhouénou C. (2009).** Evaluation of hygienic and nutritional quality of Peulh cheese treated by *Sorghum vulgare* (L.) and *Pimenta racemosa* (Miller) extracts. *Scientific Study Research*, 10(1), 29-46.
- **Larpent J.P. (1990).** Lait et produits laitiers non fermentés, Dans Microbiologie alimentaire. (Bourgeois C.M., Musclet J.F. et Zecca J.) Tome 1: *Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire*, Edition Technique et Documentation, Lavoisier, 201-215.
- **Lenoir J., Delacroix-Buchet A., & Spinnler H. E. (1983).** Initiation et conduite des fermentations fromagères. *Lait*, 63(629-630), 34-60.
- **Legarto J., Gele M., Ferlay A., Hurtaud C., Lagriffoul G., Pahlmer I., Peyraud J.L., Rouille B & Brunschwig P . (2014).** Effets des conduites d'élevage sur la production du lait, les taux butyreux et protéiques et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évalué par spectrométrie dans le moyen infrarouge. *Revue de INRA Production Animales*, 27(4), 269-282.
- **Lucey J. A., & Fox P. F. (2021).** *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 4th ed. Academic Press.
- **Luquet F.M .(1985) :** *Lait et produits laitiers (vache, brebis) 2 ; les produits laitiers : transformation et technologie*, Technique et Documentation, Lavoisier, paris, 5.
- **Luquet F, M. (1986) :** *lait et les produits laitiers (vache, brebis et chèvres)*. Tome 03 : Qualité énergie et table de composition. Technique et Documentation, Lavoisier, paris, 445.
- **Mahaut M, Jeantel R & Brulé G. (2000) :** *Initiation à la technologie fromagère* . technique et Documentation, 2eme tirage 2003, Lavoisier paris 28-29 ; 177 ; 173-178.
- **Martinez V. (2009).** Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN), et approuvée par décision n° 2009-03 du 30 juillet 2009 du comité exécutif de l'OEAP.
- **Mauriello G. (2017).** *Cheese: Types, Nutrition and Consumption*. Nova Science Publishers, ed.
- **McMahon D.J., Fife R.L., Oberg C.J. (1999).** Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. *Journal of Dairy Science*, 82 (7), 1361–1369.
- **McMahon D.J., Oberg C.J., Harper W.J., Wickstrom M.E., & Hutkins R.W.**

- (1999). Influence of cheese composition on the proteolytic breakdown of low-moisture Mozzarella cheese during long-term storage. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1660-1670.
- **Meurel D. (1986).** *Technologie fromagère : Le lait, le fromage, la pâte molle*. Lavoisier Technique et Documentation.
 - **Mietton B., (1995).** Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. *Revue des ENIL*. 189, 19- 27 .
 - **Nadège A., (2015).** Les microorganismes du microbiote fromager survivent ils à la digestion et peuvent ils avoir un effet immunomodulateur sur l'hôte ?. L'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement. 272.
 - **Oey I., Van Loey A., & Hendrickx M . (2014).** *Principles of Food Processing*. Springer Science & Business Media.
 - **Oliveira C. D., Pereira M. M., Martins E. M., & Mendes L. B. (2020).** Physicochemical analyses, such as pH measurement, dry extract, and fat content, are crucial to assess the stability of Camembert cheese, influencing both its sensory quality and microbiological safety. *International Journal of Dairy Technology*, 73(4), 1083-1095.
 - **Parente E. & Cogan T.M. (2004),** Starter cultures : general aspects. In : Fox P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T.M. & Guinee, T. P. (Eds.), *cheese : chemistry, physics and microbiology*, I. Chapman and Hall, London, 123-148.
 - **Quittet & Nelis. (1999).** *HACCP pour PME et Artisans : Secteur Produits Laitiers*, Tome 1. Les Presses Agronomiques de Gembloux. 495.
 - **Schlienger J.L. (2014).** Besoins nutritionnels et apports conseillés : adultes, femmes enceintes, personnes âgées, sportifs. *Nutrition clinique pratique* - Elsevier Masson SAS, 43-52.
 - **Smith J., Jones R., Brown A., Davis C., & White, B. (2018).** Factors influencing milk composition: A review. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10253-10266.
 - **Srairi, et al. (2006).** Effets du suivi zootechnique sur les performances de production et la rentabilité des élevages de bovins laitiers en périmètre irrigué au Maroc. HAL Id: cirad-00386114. Retrieved from <http://hal.cirad.fr/cirad-00386114> (Submitted on 20 May 2009).

- **Thapon J.L. (2005).** *Science et technologie du lait*, Agrocampus-Rennes, France.
- **Vignola C, L. (2002) .** *Science et technologie du lait, transformation du lait*; fondation de technologie laitière du Québec Inc. (Montréal) ,1-2.
- **VEISSEYRE R. (1979).** *Technologie du lait*.3ème Ed, Maison Rustique, paris.
- **Vignola. (2002).** *Science et technologie du lait*. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, ed ,600.
- **Wilkinson, M. G., & Park, Y. W. (2008).** Factors influencing the sodium content of cheese. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* , Academic Press, 3rd ed.



Annexes

Annexe 01



Annexe 2

Matériels:

A/Produits chimiques et réactifs :

- Acide sulfurique
- Alcool iso-amylique
- Eau distillée
- Alcool
- Solution NAOH a 0,111N.
- Solution de phénolphtaléine.

B/Appareillage :

- Agitateur stomatsher
- Bain-marie
- Balance de précision
- Bec- bunsen
- Bouchon en caoutchouc
- Capsule en aluminium
- Centrifugeuse
- Distillateur
- Dessiccateur infra-rouge
- Etuves à incubation à 30°C, 44°C
- PH mètre
- Réfrigérateur
- Sachet stomatsher stériles
- Spatules
- Lactoscan

c/Verrerie :

- Becher
- Boîtes de pétri
- Burette
- Butyromètre à fromage
- Eprouvette
- Godet
- Pipettes graduées