



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Toxicologie et Sécurité Alimentaire

Présenté par :

- Benamara Maroua
- Fatah Bouchra

Thème

FABRICATION DE FROMAGES TRADITIONNELS A
PATE MOLLE DE TYPE CAMEMBERT ET L'ETUDE
DE L'EFFET DU STARTER SUR LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE

Soutenu publiquement, le : 03 juin 2024

Jury :

Grade

Président : M. ACEM Kamel

« Pr »

Encadrant : M. YEZLI Wassim

« MCA »

Co-encadrant : Mme. ZEBBOUDJ Nebia

« MCB »

Examineur : M. ABBES Mohamed Abdelhak

« MCA »

Année universitaire 2023-2024

*R*emerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de master.

*Tout d'abord, nous remercions sincèrement notre encadrant, Docteur **YEZLI Wassim** et notre co-encadrant Docteur **ZEBBOUDJ Nebia**, pour leur guidance inestimable, leurs conseils avisés, et leur soutien constant tout au long de ce projet. Leur expertise et leur patience ont été des éléments clés dans l'aboutissement de ce travail.*

Nous souhaitons également à remercier profondément les membres de jury :

- *Professeur **ACEM Kamel**, d'avoir accepté d'examiner ce travail et de nous avoir honoré de présider le jury.*
- *Docteur **ABBES Mohamed Abdelhak**, qui a accepté d'être examinateur. Nous le remercions très sincèrement.*

Un remerciement particulier à tous les enseignants du département de biologie pour leur enseignement de qualité et leur dévouement. Grâce à vous, nous avons acquis des connaissances et des compétences essentielles qui nous ont permis de mener à bien ce modeste projet.

À tous, merci du fond du cœur.



*Ce mémoire est dédié à mes chers parents **Benamara Malek et Fatima**, pour leur amour inconditionnel et leur soutien sans faille. Votre encouragement et vos sacrifices ont été ma principale source de motivation.*

*À mon époux **Benferhat Rabia**, pour sa patience et son soutien constant.*

*À ma fille **Célia**, pour l'amour qu'elle me porte et la lumière qu'elle apporte à ma vie.*

*À mon frère **Larbi** et mes sœurs **Mounia et Nesrine**, pour leur amour et leur soutien inestimables.*

*À **Yaya et Nana**, pour leur présence et leur affection.*

À toute ma famille, pour leur soutien moral et leurs encouragements constants.

*Et enfin, à ma binôme **Fatah Bouchra**, pour son partenariat, sa collaboration et son soutien tout au long de ce projet.*

À tous, merci du fond du cœur.

Benamara Maroua



إهداء

"من قال أنا لها نالها "

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات و الصلاة والسلام على سيدنا وحبينا محمد اما بعد...

إلى من بيرهما انال العلى و بدعائهما أرى النجاح، إلى والدي اللذان كانا عوننا و سندا داعما لي طوال مشواري
الدراسي...

لى اخي و أبي الثاني عبد الرحمن الذي يطمح أن يراني في أعلى المراتب و إلى جميع إخوتي و أخواتي و افراد
عائلي...

إلى كل اساتذتي في جميع أطوار تعليمي...

إلى رفيقتي و صديقتي و اختي في الله مروة...

إلى كل صديقاتي حنان و اكرام و خديجة وسارة و كل من ساهم في هذا العمل ...

سائلنا المولى عز وجل أن يجعله بذرة مباركة تعود بالنفع و الخير لمجتمعنا و ان يجعله علما ينتفع به و الحمد لله رب
العالمين

فاتح بشرى

RESUME

Le présent travail examine la qualité technologique de trois variétés de fromages de type Camembert, distinguées par la variation du starter bactérien : industriel, recyclé ou auto-reproduit. Ces fromages sont fabriqués à partir de lait de vache entier provenant de la laiterie de Giplait Sidi Khaled de Tiaret. Les analyses physicochimiques et microbiologiques du lait confirment sa qualité conforme aux normes établies ; ainsi que, les tests microbiologiques des Camemberts attestent de leur sécurité alimentaire. Les résultats des analyses physicochimiques des fromages révèlent des différences significatives entre les trois types de Camembert en termes de pH, d'acidité titrable, de taux de cendres, d'extrait sec total, d'humidité et de matière grasse. Par ailleurs, les évaluations organoleptiques mettent en évidence des variations de texture, de goût et d'aspect entre les trois variétés de Camemberts. Ces résultats soulignent l'importance cruciale de comprendre les paramètres de qualité du lait et des produits finis pour garantir la production de fromages sûrs et de haute qualité, tout en mettant en lumière l'impact des différentes méthodes de culture de starters bactériens sur les propriétés finales des Camemberts.

Mots-clés: Camembert, Starters bactériens, Lait de vache entier, Paramètres de qualité.

ABSTRACT

The present study provides an in-depth examination of the quality of three varieties of Camembert cheese, distinguished by their various methods of bacterial starter culture: industrial, recycling, and self-reproduction. These cheeses are made from whole cow's milk sourced from the Giplait dairy in Tiaret. Physicochemical and microbiological analyses of the milk confirm its high quality, compliant with established standards, while microbiological tests on the Camemberts confirm their food safety. The results of physicochemical analyses of the cheeses reveal significant differences among the three types of Camembert in terms of pH, titratable acidity, ash content, total dry extract, moisture, and fat content. Additionally, organoleptic evaluations highlight variations in texture, taste, and appearance among the three Camembert varieties. These findings underscore the crucial importance of understanding the quality parameters of both milk and finished products to ensure the production of safe, high-quality cheeses, while also highlighting the impact of different methods of bacterial starter culture on the final properties of Camemberts.

Keywords: Camembert, Bacterial starters, Whole cow's milk, Quality parameters.

ملخص

هذا البحث يقوم بفحص عميق لجودة ثلاثة أنواع من جبن الكاممبير، متميزة بأساليب مختلفة لزراعة البكتيريا البادئة الصناعية ومعادة التدوير والمتكاثرة ذاتيا. يتم تصنيع هذه الأنواع من الجبن من حليب البقر الكامل الدهن الذي يأتي من ملبنة جيبي في تيارت. تؤكد التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للحليب جودته العالية والمطابقة للمعايير المحددة، في حين تشهد الاختبارات الميكروبيولوجية لجبن الكاممبيرت على سلامته الغذائية. تكشف نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للجبن عن اختلافات كبيرة بين الأنواع الثلاثة من جبن الكاممبير فيما يتعلق بالرقم الهيدروجيني والحموضة ونسبة الرماد والمواد الصلبة الذائبة والرطوبة والدهون. علاوة على ذلك، تظهر التقييمات الحسية الفروقات في القوام والطعم والمظهر بين الأنواع الثلاثة من جبن الكاممبير. تؤكد هذه النتائج على أهمية فهم معايير جودة الحليب والمنتجات النهائية لضمان إنتاج جبن آمن وعالي الجودة، مع التركيز على تأثير الأساليب المختلفة لزراعة البكتيريا المبتدئة على الخصائص النهائية لجبن الكاممبير.

الكلمات الرئيسية: كاممبير، البكتيريا المبتدئة، حليب البقر الكامل الدهن، معايير الجودة.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract	ii
ملخص.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figuresvi
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Introduction Générale.....	1

CHAPITRE I

Recherche bibliographique

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition et caractéristiques du lait	3
I.2.1. Caractéristiques organoleptiques	3
I.2.2. Caractéristiques physico-chimiques	3
I.3. Propriétés physico-chimiques du lait.....	4
I.4. Facteurs influençant les caractéristiques physico-chimiques du lait	5
I.5. Importance des caractéristiques physico-chimiques du lait.....	5
I.6. Contrôle de la qualité du lait.....	5
I.7. Généralité sur le fromage.....	6
I.7.1. Grandes familles du fromage	6
I.7.2. Généralités sur le camembert.....	9
I.8. Présentation de l'entreprise GIPLAIT-Tiaret	11

CHAPITRE II

Matériels et méthodes

II.1. Objectif du travail.....	14
II.2. Période et lieu de travail	14
II.3. Matériels et produits utilisés.....	14
II.3.1. Matériel du laboratoire	14
II.3.2. Ingrédients utilisés dans la fabrication du Camembert.....	15

II.4. Protocole expérimental	15
II.5. Échantillons de lait	18
II.5.1. Analyses physicochimiques.....	18
II.5.2. Analyses microbiologiques.....	19
II.5.2.1. Préparation des dilutions décimales	19
II.6. Processus de fabrication	20
II.7. Produit fini (Camembert).....	26
II.7.1. Mesure du rendement du camembert.....	26
II.7.2. Analyses physicochimiques.....	26
II.6. Processus de fabrication	20
II.7. Produit fini (Camembert).....	26
II.7.1. Mesure du rendement du camembert.....	26
II.7.2. Analyses physicochimiques.....	26
II.7.2.1.Préparation de l'échantillon	27
II.7.2.2.Détermination du pH	27
II.7.2.3.Détermination de l'acidité titrable.....	27
II.7.2.4.Détermination du taux de cendres	27
II.7.2.5.Détermination de la matière sèche.....	27
II.7.2.6.Détermination de l'humidité (%).....	28
II.7.3. Analyses microbiologiques.....	28
II.7.4. Analyse organoleptique	29

CHAPITRE III

Résultats et discussion

III.1. Matière premier (lait)	32
III.1.1. Analyses physicochimiques	32
III.1.2. Analyses microbiologiques	33
III.2. Produit fini (Camembert)	35
III.2.1. Variation du rendement	35
III.2.2. Résultats des analyses physicochimiques.....	36
III.2.3. Analyses microbiologiques	38
III.2.4. Analyses organoleptiques.....	39
Conclusion Générale	41

Listes des Figures

Figure 1. Fromage frais.	7
Figure 2. Fromage à pâte pressée	7
Figure 3. Fromage à pâte molle.....	8
Figure 4. Fromage de type camembert.	9
Figure 5. Laiterie Sidi Khaled-Tiaret.	11
Figure 6. Diagramme de fabrication de fromage type Camembert.....	16
Figure 7. Protocole expérimental.	17
Figure 8. Lait de vache entier, pasteurisé et conditionné	21
Figure 9. Chauffage du lait dans le chaudron.....	21
Figure 10. Rééquilibrage du lait en calcium.....	22
Figure 11. Ensemencement des ferments	22
Figure 12. Emprésurage et coagulation.	23
Figure 13. Remplissage des moules par le caillé.....	23
Figure 14. Egouttage	24
Figure 15. Démoulage du camembert	24
Figure 16. Salage du sel sur la surface du camembert.	25
Figure 17. Affinage du camembert à température régulée	25
Figure 18. Emballage du camembert.....	26
Figure 19. Rendement de la fabrication des trois types de Camembert.	35
Figure 20. Résultats des tests de dégustation des trois types de camembert.....	39
Figure 21. Dénombrement de germes aérobies à 30°C.....	50
Figure 22. Dénombrement les coliformes thermotolérants.	51
Figure 23. Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Figure 24. Recherche des Salmonelles.....	53
Figure 25. Analyses physico-chimiques du Camembert.	54
Figure 26. Dénombrement d'Escherichia coli.....	55
Figure 27. Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	56
Figure 28. Recherche des salmonelles..	57
Figure 29. Présentation des échantillons au jury de dégustation.....	59

Liste des tableaux

Tableau 1. Différents types des fromages (Majdi, 2009).....	8
Tableau 2. Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert (Guégen. 1979)	11
Tableau 3. Équipement, verrerie et substances utilisés.....	14
Tableau 4. Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache entier.	32
Tableau 5. Résultats des analyses microbiologiques du lait de vache entier	33
Tableau 6. Résultats des analyses physicochimiques des trois types de Camembert.	36
Tableau 7. Résultats des analyses microbiologiques des trois types de Camembert.	38
Tableau 8. Normes microbiologiques pour le lait et les produits laitiers (J.O.R.A, 2017)..	49

Liste des notations et des abréviations

AFNOR :	Association Française de Normalisation
BCPL :	Bouillon lactosé au Pourpre de Bromo-crésol.
BL :	Bactéries lactiques
BP:	Baird Parker.
Ca Cl₂ :	Chlorure de calcium
Cl .t :	Coliforme totaux
Cl. f :	Coliforme Fécaux
ct :	Cuillère à thé.
<i>E. coli:</i>	<i>Escherichia coli.</i>
EST :	Extrait Sec Total.
FAO:	Food and Agriculture Organization.
<i>G. candidum :</i>	<i>Geotrichumcandidum</i>
JORA :	Journal Officiel République Algérienne.
M. P :	Matière Première
MG :	Matière grasse.
MS :	Matière sèche
MST :	Matière Sèche Totale.
<i>P. camemberti :</i>	<i>Penicillium camemberti</i>
PCA :	Plate Count Agar.
S.:	<i>Staphylococcus</i>
U :	Unité
VRBL :	Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

Introduction générale

La fabrication de fromages traditionnels à pâte molle, tel que le camembert, est un art séculaire qui transcende les frontières géographiques et culturelles. Ces délices lactés, empreints de richesse gustative et d'une texture onctueuse, ont conquis les papilles des gourmets du monde entier. Au cœur de ce processus de création se trouve une alchimie subtile entre les ingrédients de base et les microorganismes qui façonnent leur caractère unique. Parmi ces acteurs invisibles mais essentiels, les starters, ces cultures bactériennes spécifiques, jouent un rôle crucial dans le développement des qualités sensorielles et technologiques des fromages à pâte molle.

L'étude de l'effet du starter sur la qualité technologique de ces fromages représente un domaine de recherche dynamique et vital dans l'industrie laitière. Au-delà de sa simple fonction, le starter incarne une véritable pièce maîtresse dans l'élaboration d'un produit final d'exception. En effet, les microorganismes qu'il contient participent activement à la fermentation lactique, un processus biochimique fondamental où le lactose du lait est métamorphosé en acide lactique. Cette transformation est à la fois le fondement de la coagulation du lait et le ferment de la texture caractéristique des fromages à pâte molle.

Dans cette optique, l'objectif principal de notre travail est d'explorer en profondeur les intrications entre les starters et la qualité technologique des fromages à pâte molle, en mettant particulièrement l'accent sur l'exemple emblématique du camembert. Notre travail vise à analyser la qualité de trois variétés de fromages de type Camembert, distinguées par leurs méthodes variées de culture de starters bactériens, à savoir : des starters industriels, le recyclage et l'auto-reproduction. L'étude de l'effet du starter sur la qualité technologique de ces fromages représente un domaine de recherche dynamique et vital dans l'industrie laitière. Au-delà de sa simple fonction, le starter incarne une véritable pièce maîtresse dans l'élaboration d'un produit final d'exception.

Dans ce cadre, nous nous attacherons à comprendre comment différentes souches bactériennes, présentes dans les starters, influent sur une gamme variée de propriétés organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques des fromages à pâte molle. De l'arôme subtil à la texture fondante en passant par la stabilité microbiologique, chaque aspect de la qualité du fromage est potentiellement modulé par le choix du starter et ses conditions d'utilisation. Par ailleurs, notre analyse ne se limitera pas à l'impact direct des starters sur le produit final, mais examinera également leur rôle crucial dans le processus de maturation et d'affinage des fromages à pâte molle. En effet, ces microorganismes continuent à œuvrer en

coulisses, façonnant progressivement la palette aromatique et la texture du fromage au fil du temps, et conférant ainsi à chaque spécimen sa personnalité unique.

Cependant, malgré leur importance capitale, les starters ne sont pas immuables face à l'évolution des connaissances scientifiques et des pratiques industrielles. Au contraire, leur utilisation est sujette à une constante réévaluation, en fonction des avancées technologiques, des nouvelles réglementations sanitaires et des tendances du marché. Ainsi, notre étude se veut également prospective, en identifiant les défis et les opportunités que représente l'adaptation des starters à un contexte en perpétuelle mutation.

Ce manuscrit est structuré en trois chapitres:

Le premier chapitre traite de l'importance et des caractéristiques du lait et des fromages, éléments fondamentaux de notre alimentation depuis la domestication des animaux. Il met en évidence non seulement leur valeur nutritionnelle, mais aussi leur rôle culturel et traditionnel.

Dans le chapitre II nous allons présenter les objectifs, la durée, le lieu de travail, le matériel, les produits utilisés, ainsi que les protocoles expérimentaux appliqués dans cette étude visant à analyser l'impact des starters sur la qualité technologique des fromages à pâte molle, en particulier le Camembert.

Enfin, le dernier chapitre est entièrement dédié à l'analyse de la matière première (le lait) et du produit fini (le Camembert) à travers des analyses physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques.

Ce travail apporte des résultats significatifs qui seront présentés dans la conclusion générale.

Recherche bibliographique

I.1. Introduction

Le lait et les fromages, éléments essentiels de notre alimentation depuis le début de la civilisation humaine, ne peuvent être sous-estimés. Ils ont une histoire qui commence avec la domestication des animaux, moment décisif où l'humanité a commencé à exploiter les ressources du bétail. Bien que cette histoire d'utilisation soit ancienne, notre connaissance approfondie de ces produits n'a été développée que récemment. Le lait et les fromages sont l'objet d'une étude approfondie dans ce chapitre, de leurs diverses variétés, de leur composition et de leurs propriétés nutritionnelles. Le lait et les fromages ne sont donc pas seulement des apports nutritionnels, mais également des vestiges de notre patrimoine culturel et des marques de tradition et de savoir-faire transmises de génération en génération.

I.2. Définition et caractéristiques du lait

Le lait est issu de la traite régulière et non interrompue d'une femelle laitière en bonne santé et bien nourrie, sans retenir de colostrum. Il est essentiel que sa collecte se déroule dans des conditions hygiéniques optimales et qu'il respecte des normes sanitaires rigoureuses. Lorsqu'il est commercialisé, il est souvent soumis à des traitements pour standardiser les lipides et éliminer les contaminants microbiens, ce qui assure une sécurité alimentaire améliorée et une conservation prolongée (Romain et al., 2008).

I.2.1. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques du lait comprennent sa couleur blanche, son odeur légère, sa saveur douce et sa texture liquide légèrement visqueuse, mais ces caractéristiques peuvent varier en fonction de divers facteurs (Institut de l'élevage, 2009).

I.2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Le lait possède des caractéristiques physico-chimiques essentielles qui définissent sa composition et son comportement. Composé principalement d'eau, de protéines, de lipides, de glucides et de minéraux, il présente un pH proche de la neutralité et une densité variant selon sa teneur en matières grasses. La quantité de matières grasses, de protéines et de lactose varie selon le type de lait. La majorité du lait est constituée d'eau (environ 87%), mais il renferme également une grande diversité de macronutriments et de micronutriments indispensables. Il peut être légèrement différent en fonction de l'espèce animale, de l'alimentation, du stade de lactation et d'autres éléments.

a. Macronutriments

- **Protéines:** La teneur en protéines du lait est élevée, avec une moyenne de 3,5 g/L. Les caséines, les lactalbumines et les immunoglobulines sont les protéines principales du lait.
- **Lipides :**La teneur en lipides du lait est également élevée, avec une moyenne de 4 g/L. Des triglycérides, des phospholipides et des stérols constituent les lipides du lait.
- **Glucides :**Le lactose, un sucre disaccharide de glucose et de galactose, est le principal glucide du lait. Le lait contient une quantité moyenne de lactose de 5 g/L.

b. Micronutriments

Le lait est une source importante de vitamines et de minéraux, tels que :

- **Calcium :** Le lait contient une quantité importante de calcium, un minéral indispensable pour la santé des os et des dents.
- **Phosphore :** Un autre minéral essentiel présent dans le lait est le phosphore, qui joue un rôle essentiel dans la formation des os et la génération d'énergie.
- **Vitamine D :** Le calcium est absorbé par l'organisme grâce à la vitamine D, qui joue un rôle crucial dans la santé des os et du système immunitaire.
- **Potassium :** Le potassium joue un rôle crucial dans le contrôle de la tension artérielle et de la fonction musculaire.
- **Vitamine B12 :** La vitamine B12 revêt une importance capitale dans la formation des globules rouges et le bon fonctionnement du système nerveux.

I.3. Propriétés physico-chimiques du lait

En plus de sa composition en nutriments, le lait présente également des propriétés physico-chimiques importantes, telles que :

- **pH :** Le lait présente un pH un peu acide, se situant habituellement entre 6,5 et 6,8. La présence de cette acidité naturelle favorise la préservation du lait et empêche la prolifération des micro-organismes.
- **Densité :** La densité du lait est de 1,03 g/cm³, un peu plus élevée que celle de l'eau.

- **Point de congélation** : Le point de congélation du lait se situe entre -0.54°C et -0.55°C , légèrement inférieur à celui de l'eau.
- **Point d'ébullition** : Le point d'ébullition du lait est d'environ 100.5°C

I.4. Facteurs influençant les caractéristiques physico-chimiques du lait

- **Espèce animale** : Les caractéristiques physico-chimiques et la composition du lait diffèrent d'une espèce animale à l'autre. Le plus consommé est le lait de vache, mais le lait d'autres mammifères, comme la chèvre, le mouton, la brebis, etc., possède aussi des particularités.
- **Alimentation** : La composition du lait est fortement influencée par l'alimentation des animaux, en particulier par la quantité de matière grasse et de certains minéraux.
- **Stade de lactation** : La composition du lait varie au cours de la lactation, avec une augmentation de la concentration en protéines et en minéraux à la fin de la lactation.
- **Traitements** : Les procédés de traitement du lait, comme la pasteurisation ou la stérilisation, peuvent légèrement altérer ses caractéristiques physico-chimiques.

I.5. Importance des caractéristiques physico-chimiques du lait

Les propriétés physico-chimiques du lait ont un impact significatif sur sa qualité, sa transformation et sa préservation. Elles offrent aussi la possibilité de différencier les divers types de lait et de les comparer en ce qui concerne leur valeur nutritive. Il est crucial que les producteurs laitiers, les transformateurs et les consommateurs aient une compréhension des caractéristiques physico-chimiques du lait pour assurer la production d'un lait de qualité et répondre aux besoins nutritionnels des populations (Wolter, 1988).

I.6. Contrôle de la qualité du lait

La qualité du lait est évaluée selon six critères distincts : le nombre de germes, le nombre de cellules somatiques, la présence de résidus d'antibiotiques ou de désinfectants, le point de congélation et la propreté visible.

Le nombre de germes est un indicateur de la contamination bactérienne, souvent liée à des pratiques de traite ou à un refroidissement insuffisant du lait. Les exigences varient selon

l'utilisation prévue du lait, étant plus strictes pour la fabrication de fromage au lait cru que pour la pasteurisation.

Le nombre de cellules somatiques est un marqueur de la santé de la mamelle. Un taux élevé de cellules somatiques dans le lait peut indiquer des problèmes de santé, ce qui peut affecter la qualité et le rendement des produits laitiers.

L'utilisation de médicaments vétérinaires, y compris les antibiotiques, peut être nécessaire pour traiter les animaux malades. Cependant, il est impératif que le lait ne contienne pas de résidus d'antibiotiques dépassant les limites légales. Chaque livraison de lait est donc analysée pour détecter la présence de tels résidus.

I.7. Généralité sur le fromage

La définition du fromage, selon la FAO (2010), englobe une variété de processus de fabrication. Ce produit laitier peut être fermenté ou non, affiné ou non, élaboré à partir de divers composants laitiers tels que le lait, la crème, le babeurre, utilisés seuls ou en combinaison. Le processus de fabrication implique la coagulation de ces ingrédients, soit en totalité, soit en partie, avant ou après une élimination partielle de l'eau, aboutissant à un produit avec une teneur minimale en matière sèche de 23 g pour chaque 100 g de fromage.

Le Codex Alimentaires (1999) précise également la définition du fromage en tant que produit solide ou semi-solide, frais ou affiné, avec un rapport protéines de lactosérum/caséine inférieur à celui du lait. Sa production implique la coagulation du lait grâce à la présure ou d'autres agents coagulants, suivie d'un égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Du point de vue nutritionnel, le fromage est valorisé pour ses protéines de haute valeur biologique et sa richesse minérale.

I.7.1. Grandes familles du fromage

Quant aux diverses familles technologiques du fromage, elles sont très variées et dépendent de divers facteurs. Parmi ces éléments, on retrouve l'origine du lait, le processus de traitement thermique du lait (qu'il soit cru, thermisé ou pasteurisé), les paramètres technologiques utilisés, ainsi que le type de ferments et de micro-organismes utilisés lors de l'affinage.

Il y a trois catégories principales de fromages : les fromages à pâte fraîche, les fromages à pâte pressée (pâte ferme) et les fromages à pâte molle.

La texture, l'humidité, la teneur en matières grasses et la saveur sont des caractéristiques propres à chaque catégorie.

a. Fromage à pâte fraîche

C'est un type de fromage peu égoutté qui n'a pas été affiné. Ils ne sont fabriqués que par la coagulation des protéines du lait par l'action des ferments lactiques, ce qui entraîne une acidification. Ces fromages présentent une forte humidité, typiquement comprise entre 60 et 80 %, et une faible teneur en matière grasse, typiquement comprise entre 0,5 et 30 %. Selon le type de fromage, la pâte fraîche est d'un blanc éclatant et d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. L'ail, les fines herbes, le poivre, les oignons hachés, les raisins secs, etc., peuvent être ajoutés au caillé égoutté(Chamba et Irlinge, 2004).



Figure 1. Fromage frais

b. Fromage à pâte pressée

Ces fromages sont des fromages dont le caillé est pressé après l'égouttage, puis affiné. Ils se distinguent par une pâte dense qui retient un peu moins d'eau que les fromages frais, mais qu'il y a plus de sels minéraux, en particulier de calcium. Selon Yildiz (2010) et Parente et Cogan (2004), il existe une distinction entre les fromages à pâte pressée non cuite et les fromages à pâte pressée cuite.



Figure 2. Fromage à pâte pressée

c. Fromage à pâte molle

Le Codex Alimentarius définit les fromages à pâte molle comme étant tous les fromages dont l'eau, après l'élimination des matières grasses, dépasse 67 %. Les fromages affinés sont des fromages à pâte non cuite ni pressée, à base de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis. En général, ces fromages sont crémeux et onctueux, avec une légère élasticité dans la pâte. Les fromages à pâte molle peuvent avoir deux types de croûtes, selon le processus d'affinage, et sont donc divisés en deux sous-catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et les pâtes molles à croûte lavée(Codex Stan , 2001)



Figure 3. Fromage à pâte molle

Tableau 1. Différents types des fromages (Majdi, 2009).

		Type de fromages		
		Fromages de type lactique	Fromages de type présure	Fromages de type mixte
Caractéristiques	- Ces fromages sont principalement obtenus par un processus de coagulation biologique, également connu sous le nom de coagulation lactique ou coagulation par acidification.	- Ces fromages sont principalement obtenus par un processus de coagulation chimique, également désigné sous le terme de coagulation par l'action des enzymes, telles que la présure.	- Ces fromages sont produits à la fois par coagulation chimique et par coagulation biologique, les deux méthodes étant employées de manière équivalente.	
	- Ce sont des fromages à pâte fraîche.	- Ce sont des fromages à pâte pressée, comprenant à la fois des variétés à pâte ferme cuite et des variétés	- Ce sont des fromages à pâte molle.	
	- Ils sont fabriqués à des températures variant de 16		- Ils sont fabriqués à des températures	

	à 23°C. - Pour leur fabrication, il est nécessaire d'utiliser entre 3 et 10 ml de présure pour chaque 100 litres de lait.	à pâte ferme non cuite. - Ils sont fabriqués à des températures comprises entre 34 et 40°C. - Pour leur fabrication, il est nécessaire d'utiliser entre 25 et 35 ml de présure pour chaque 100 litres de lait.	comprises entre 28 et 37°C. - Pour leur fabrication, il est nécessaire d'utiliser entre 15 et 25 ml de présure pour chaque 100 litres de lait.
Exemples	Fromages à pâte fraîche : -Petit suisses -Fromage demi-sel -Chabichou -Mothais sur feuille -Rocamadour -Picodons	Fromages à pâte pressée : -Saint-nectaire -Tome de Savoie -Saint-paulin -Port-salut -Reblochon Fromages à pâte ferme non cuite : -Cantal -Laguiole Fromage à pâte ferme cuite : -Comté -Emmenthal	Fromages à pâte molle: -Camembert -Brie -Carré de l'est -Bleu -Roquefort -Munster -Pont -l'évêque -Maroille -Livarot

I.7.2. Généralités sur le camembert

a. Définition

Le Camembert est un fromage à pâte molle, cylindrique plate, de 10 à 11 cm de diamètre et de 3 cm d'épaisseur (Veisseyre, 1979). Au minimum 40 % de matière grasse et 110 g de matière sèche sont présents. Ce fromage est originaire de Normandie (France) et présente des moisissures superficielles.



Figure 4. Fromage de type camembert**b. Origine et extension**

Le Camembert est nommé d'après le village de Camembert, près de Vimoutiers dans l'Orne, en France. Ce fromage était d'abord fabriqué artisanalement par une fermière, Marie Harel, vers 1796. Des premières installations industrielles ont été créées en Normandie à la fin du XIXe siècle. La production de ce fromage s'est progressivement déplacée des fermes vers les usines, même si quelques productions fermières restent encore aujourd'hui dans le pays d'Auge. Sa zone de production s'étend, en industrie, des départements normands à d'autres régions. La méthode de production a évolué, ce qui distingue nettement la méthode normande de celle des autres régions. La méthode de production a évolué, ce qui distingue nettement la méthode normande de celle des autres régions. La conservation de la méthode originale a été grandement assurée par le syndicat des producteurs du véritable Camembert de Normandie. La qualité et les dimensions des camemberts normands sont souvent plus grandes que celles des autres régions.

c. Composition et valeur nutritionnelle

En général, le Camembert est composé de 30 à 50 % de matière azotée/matière sèche, en fonction du processus de fabrication employé. Cela en fait une des sources les plus riches en protéines alimentaires, offrant une digestibilité exceptionnelle (Mietton, 1995). En outre, la grande qualité biologique de ces protéines est garantie à la fois par leur équilibre en acides aminés et par leur aptitude à former une pâte fromagère très prisée dans de nombreuses régions du monde.

Le taux de matière grasse du Camembert, qui varie habituellement entre 25 et 40 %, a un impact sur la texture onctueuse de sa pâte et joue un rôle important dans sa saveur distinctive (Neelakanten et al., 1971).

Quant au lactose, les fromages affinés sont souvent pauvres en glucides, car la petite quantité de lactose qui se trouve dans le caillé après l'égouttage est convertie en acide lactique lors de l'affinage. Selon Eck (1990), le Camembert offre également une quantité significative de calcium (200 à 700 mg/100g), de phosphore, de sodium et de vitamines.

La composition moyenne d'un fromage à pâte molle à croûte fleurie de type Camembert est illustrée dans le tableau 2 (Guégen, 1979).

Tableau 2. Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert (Guégen, 1979)

Constituants	Composition
Eau (g)	50
Energie (Kcal)	310
Glucides (g)	4
Lipides (g)	24
Protéine (g)	20
Calcium (mg)	400
Phosphore (mg)	250
Magnesium (mg)	20
Potassium (mg)	150
Sodium(mg)	700
Zinc (mg)	5
Vitamine A (U.I)	1010

I.8. Présentation de l'entreprise GIPLAIT-Tiaret

La laiterie Giplait de Tiaret est une société agroalimentaire en Algérie, basée à Tiaret. Elle fait partie des plus importantes laiteries du pays et fabrique une variété de produits laitiers tels que du lait, du yaourt, du fromage et du beurre. Depuis sa création en 1987, l'usine est devenue un employeur majeur dans la région de Tiaret.



Figure 5.Laiterie Sidi Khaled-Tiaret

La laiterie Giplait de Tiaret fabrique une variété étendue de produits laitiers afin de satisfaire les attentes de sa clientèle. Le lait de la société est proposé en différentes quantités

de matières grasses, telles que l'entier, le demi-écrémé et l'écramé. Les yaourts Giplait sont également disponibles dans différentes saveurs, qu'elles soient naturelles, fruitées ou céréales. L'entreprise produit du fromage à base de lait de vache et propose plusieurs variétés, telles que le cheddar, la mozzarella et le gouda. Le beurre Giplait est produit avec de la crème fraîche et est proposé en version salée ou douce.

Le processus de production de la laiterie Giplait de Tiaret commence par la réception du lait cru provenant des exploitations agricoles locales. Le lait est ensuite standardisé pour garantir qu'il possède la teneur en matière grasse correcte. Il est ensuite homogénéisé pour disperser les globules gras et éviter leur remontée à la surface du lait. Le lait est ensuite pasteurisé pour éliminer les bactéries nocives. Enfin, le lait est conditionné et expédié aux magasins.

La laiterie dispose d'un ensemble d'unités opérationnelles qui lui permettent de mener à bien ses activités de production :

- Services administratifs: Ils assurent la gestion et le suivi des opérations quotidiennes de l'entreprise.
- Salle de poudrage: Elle stocke la poudre de lait importée, essentielle à la fabrication de certains produits laitiers.
- Deux laboratoires physico-chimiques: Ils contrôlent la qualité des matières premières et des produits finis pour garantir leur conformité aux normes d'hygiène et de sécurité.
- Service agro-élevage: Il veille à la santé et au bien-être des animaux, garantissant ainsi la qualité du lait collecté.
- Salle de pasteurisation et d'écramage: Elle traite le lait cru en le pasteurisant pour éliminer les micro-organismes nuisibles et en l'écramant pour ajuster sa teneur en matière grasse.
- Tanks de stockage: Ils assurent la conservation du lait pasteurisé et écramé dans des conditions optimales de température et d'hygiène.
- Atelier de beurre: Il transforme le lait de vache en beurre frais de haute qualité.

- Atelier CIP (Cleaning In Place): Il garantit le nettoyage et la désinfection rigoureux des installations et des équipements pour maintenir des conditions d'hygiène irréprochables.
- Atelier de yaourt: Il produit une large gamme de yaourts nature et aromatisés, appréciés pour leur goût et leur valeur nutritive.
- Chambre d'étuvage: Elle assure le maintien des yaourts à une température et une humidité contrôlées pendant le processus de fermentation.
- Atelier de la pâte fraîche: Il produit des fromages frais et des spécialités lactières à base de lait cru ou pasteurisé.
- Laboratoires microbiologiques: Ils analysent le lait et les produits laitiers pour détecter d'éventuels agents pathogènes et garantir leur sécurité sanitaire.

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Objectif du travail

L'objectif de notre recherche est d'examiner de manière approfondie l'impact des starters sur la qualité technologique des fromages à pâte molle. Notre objectif est de souligner leur influence sur les diverses étapes de la production, ainsi que sur les aspects sensoriels et la durabilité du produit final.

II.2. Période et lieu de travail

Nous avons travaillé sur une période de quatre mois, avec un début en Février et une fin en Mai 2024. Il est subdivisé en deux parties :

- Nous avons créé trois échantillons de camembert à partir du lait de vache entier prélevé à la laiterie Sidi Khaled - GIPLAIT - Tiaret lors de la première partie de notre travail. Il y avait deux boules de camembert dans chaque échantillon.
- Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des trois échantillons de camembert ont été effectuées dans le laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'Université de Tiaret dans la deuxième partie.

II.3. Matériels et produits utilisés

II.3.1. Matériel du laboratoire

Le matériel utilisé dans cette étude est exposé dans le tableau 3, tandis que la composition des milieux de culture est exposée en détail dans l'Annexe 1.

Tableau 3. Équipement, verrerie et substances utilisés.

Verreries	Appareillage	Produits	Milieux de culture	Autres
- Butyromètres (GERBER)	- Bain marie (MEMMERT)	- Eau non chlorée	- Gélose PCA	- Louche
- Éprouvette	- Balance de précision (KERN ew)	- Vinaigre blanc	- Gélose de Baird-Parker (BP)	- Chaudron
- Pipettes graduées	- Centrifugeuse (SIGMA)	- Hydroxyde de sodium NaOH	- Gélose au Hektoen	- Couteau
- Bécher	- Thermomètre	- Chlorure de sodium NaCl	- Gélose VRBL	- Tasses à mesure en inox (Cups).
- Flacons stériles	- Thermo-lacto-densimètre	- Chlorure de calcium CaCl ₂		- Cuillères doseuses en inox
- Tube à essais	- pH-mètre	- Phénolphtaléine		- Grille
- Burette graduée		- Eau physiologique		

- Verre à montre (INOLAB)
- Capsules
 - BecBüsen
 - Autoclave (WOLF)
 - Incubateur (BINDER)
 - Plaque chauffante
 - Lactoscan (Master classic)
 - Vortex (JANKE KUNKEL)

II.3.2. Ingrédients utilisés dans la fabrication du Camembert

- Le lait sélectionné provient de la laiterie Sidi Khaled - GIPLAIT - établie à Tiaret.
- La présure liquide utilisée est d'origine microbienne, avec une concentration de 1/5000.
- Les ferments employés dans le processus de fabrication du Camembert sont principalement des ferments lactiques, comprenant notamment des bactéries lactiques telles que *Lactococcus* et *Leuconostoc*. Ces espèces sont couramment utilisées dans la production de fromages à pâte molle.
- Les ferments mésophiles aromatiques utilisés sont de la marque "Flora Danica®" et comprennent les souches suivantes : *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, et *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*.
- Les ferments *Penicillium candidum* (Swing) sont également ajoutés.
- Les ferments *Geotrichum candidum* (Swing) complètent la composition des ferments utilisés.

II.4. Protocol expérimental

Le processus expérimental utilisé pour réaliser cette tâche est exposé en détail dans le schéma suivant :

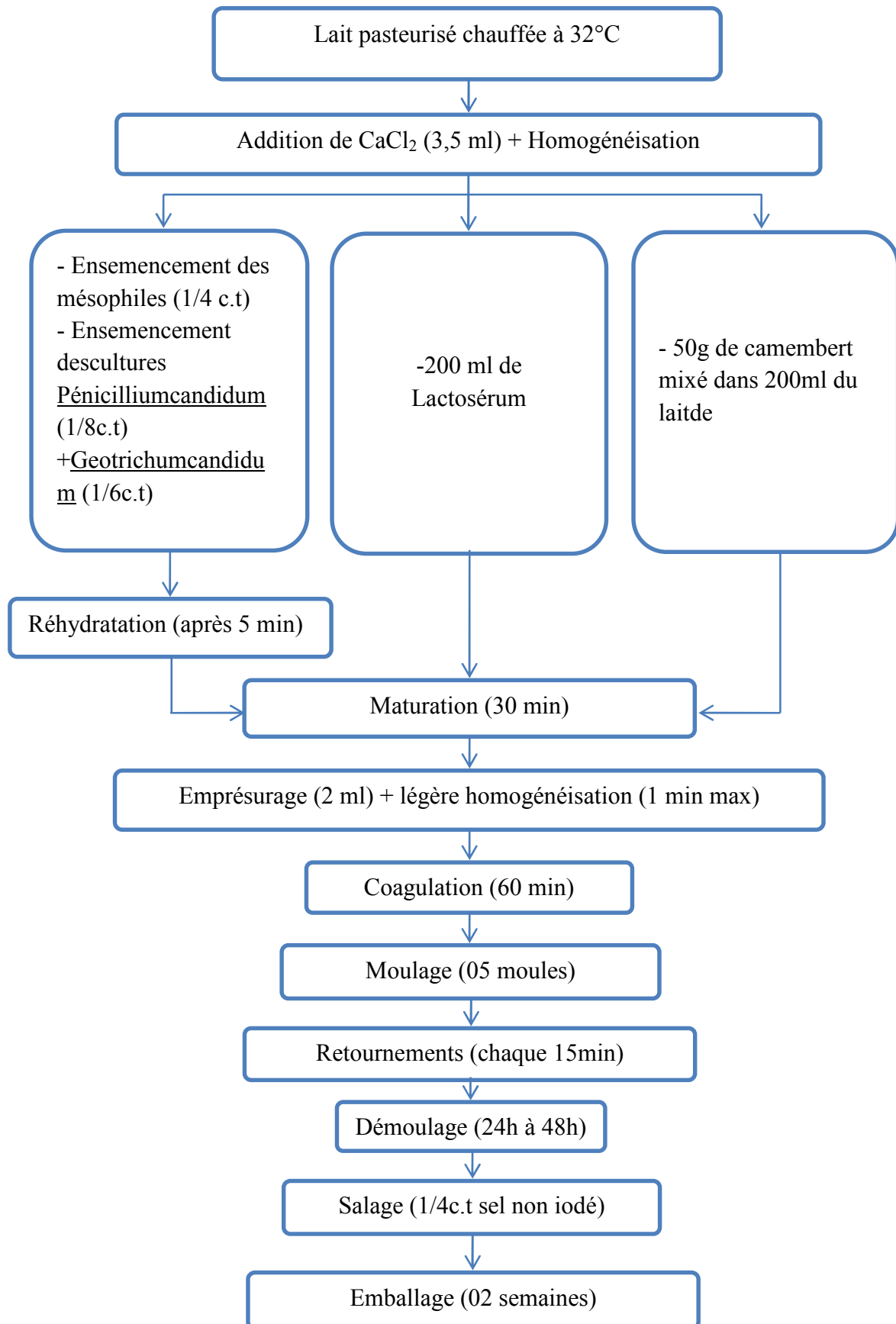


Figure 6. Diagramme de fabrication de fromage type Camembert.

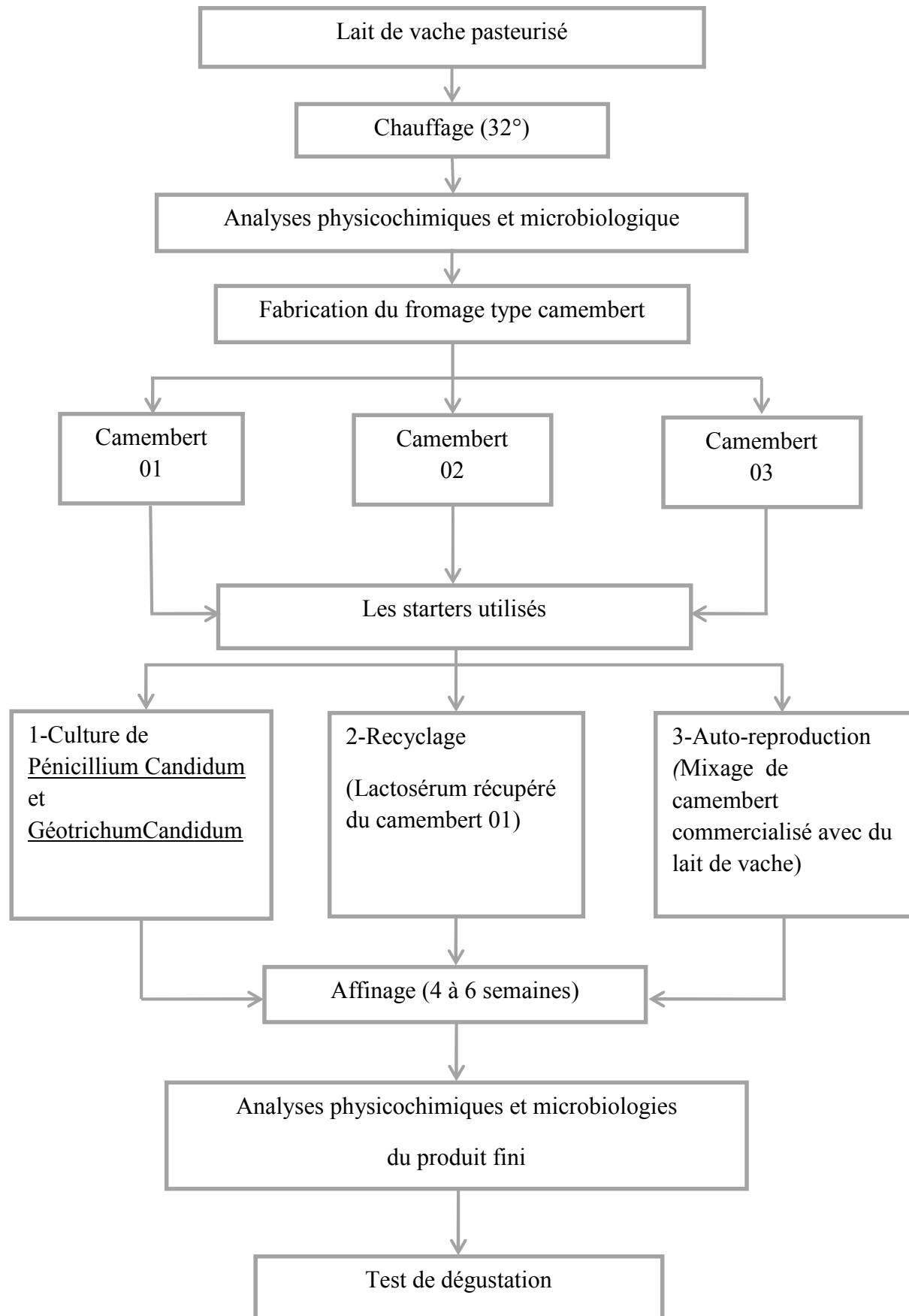


Figure 7. Protocole expérimental.

II.5. Échantillons de lait

Afin d'éviter une perte de temps dans les analyses physico-chimiques, le lait pasteurisé entier a été prélevé directement à la laiterie de Tiaret, puis a été transporté au laboratoire de biologie de l'université de Tiaret. Le traitement des trois échantillons d'une contenance de 04 litres a été effectué avec soin pour garantir leur intégrité et leur fiabilité. Les normes de sécurité et d'hygiène ont été strictement respectées tout au long du processus, assurant ainsi des résultats fiables pour les analyses ultérieures.

II.5.1. Analyses physicochimiques**a. Mesure du pH**

Une analyse a été effectuée à une température de 20°C en plongeant une languette de papier pH dans le lait. Par la suite, nous avons effectué une comparaison entre la couleur du papier pH et celle de l'étalon universel afin de comprendre directement la valeur du pH sur l'échelle graduée du papier.

b. Détermination de l'acidité titrable

Le degré Dornic (°D) est utilisé pour mesurer l'acidité titrable, où 1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait. Nous avons prélevé 10 ml d'échantillon de lait dans un bécher de 100 ml en utilisant une pipette pour évaluer cette acidité. En y ajoutant 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, nous avons titré le mélange avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N à l'aide d'une burette graduée, jusqu'à ce qu'il devienne rose (Mathieu, 1998).

c. Mesure de la densité et de la température

Dans une éprouvette de 250 ml, nous avons versé le lait tout en la maintenant inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air. Par la suite, un lacto-thermodensimètre a été délicatement plongé verticalement au centre de l'éprouvette. Après avoir stabilisé, nous avons mesuré la densité et la température à la surface du lait à l'aide d'une échelle (Bouichou, 2009).

d. Évaluation de la teneur en matière grasse

Pour cette mesure, nous avons employé un butyromètre à lait (butyromètre de Gerber). 10 ml d'acide sulfurique d'une densité de 1,83 ont été ajoutés, puis 11 ml de lait ont été ajoutés afin de séparer les phases. Par la suite, 1 ml d'alcool iso-amyle a été ajouté et centrifugé à une vitesse de 1200 tr/min pendant 5 minutes. Les résultats ont été consultés directement sur les niveaux du butyromètre (AFNOR, 1985).

e. Test d'amidon

La réaction entre l'amidon et l'iode est à l'origine de ce test, ce qui donne une coloration bleue. Nous avons ajouté 5 ml de lait à une solution d'iode dans un tube à essai. L'absence de couleur bleue signifie qu'il n'y a pas d'amidon et, par conséquent, qu'il n'y a pas de fraude..

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le lait, mentionnées précédemment, sont présentées en Annexe 2.

II.5.2. Analyses microbiologiques

Les tests ont été réalisés en respectant les consignes des spécifications alimentaires mentionnées dans le Journal Officiel de la République Algérienne du 2 juillet 2017 (J.O.R.A, 2017).

Ces analyses visaient à repérer et à mesurer les microorganismes, qui peuvent être des indicateurs de problèmes rencontrés lors des processus de fabrication et qui pourraient représenter un danger pour la santé humaine.

Les analyses microbiologiques ont été réalisées dans des conditions stériles, près d'un bec Bunsen en marche depuis 15 minutes, sur une paillasse désinfectée à l'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

II.5.2.1. Préparation des dilutions décimales

Il a été procédé à des dilutions décimales successives à partir de la solution mère (lait pasteurisé), jusqu'à atteindre la dilution de 10^{-3} . En utilisant une pipette graduée stérile, on prélevait 1 ml de la solution mère, puis on l'injectait dans un tube à essai contenant 9 ml de diluant (eau physiologique). Une fois la solution homogénéisée, marquée et reposée pendant environ 15 minutes sur un portoir, on a obtenu une solution qui correspondait à la dilution 10^{-1} . 1 ml était prélevé à partir de cette dilution afin de procéder à la dilution 10^{-2} conformément au même protocole. Selon Guiraud et Rosec (2004), les dilutions successives se déroulaient de la même manière, en commençant toujours par la dilution précédente.

a. Dénombrement des germes aérobies à 30°C

Le dénombrement a été réalisé en semant en surface sur la gélose Plat-Count-Agar (PCA) (Annexe 1). À partir de chaque dilution, un volume de 0,1 ml a été prélevé de façon stérile puis ensemencé sur la gélose PCA coulée au préalable dans des boîtes de Pétri et solidifiée. Les boîtes ont ensuite été incubées à 30°C pendant 48 heures.

b. Dénombrement des coliformes thermo-tolérants

Chaque dilution était ensuite diluée en 1 ml dans une boîte de Pétri stérile préalablement préparée et numérotée. Par la suite, on versait environ 15 ml de gélose Violet Red Bile Lactose (VRBL) (Annexe 1) dans la boîte de Pétri, puis on agitait attentivement le mélange pour obtenir un nombre de huit (8). Une fois que la couche de VRBL était solidifiée, une deuxième couche fine était ajoutée et laissée à nouveau solidifier. Pendant 24 heures, les boîtes de Pétri étaient placées avec un couvercle en bas dans une étuve à une température de 44°C.

c. Recherche de *Staphylococcus aureus*

On a recherché les *Staphylococcus aureus* sur la gélose Baird Parker (BP) (Annexe 1), avec du jaune d'œuf et du Tellurite de potassium. En utilisant une pipette Pasteur à râteau, on a étalé 0,1 ml de chaque dilution sur la boîte de Pétri contenant la gélose BP. On incubait les boîtes à une température de 37°C pendant 48 heures.

d. Recherche de Salmonelles

Dans un premier temps, il était nécessaire de mélanger 25 ml de produit à analyser avec 225 ml d'eau peptonée tamponnée (EPT) et de les incuber à une température de 37°C pendant 24 heures. Une fois cette incubation terminée, on a effectué un enrichissement sur un milieu sélectif, le bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (RVS), en ajoutant 1 ml de la solution pré-enrichie à 10 ml de milieu RVS et en incubant à une température de 44°C. On a procédé à l'isolement sur un substrat gélosé sélectif à partir de la culture obtenue dans le bouillon RVS. La surface de la gélose Hektoen (Annexe 1) était couverte d'une anse de culture et les boîtes étaient incubées à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures.

La présentation des tests microbiologiques mentionnés précédemment, ainsi que le tableau des critères microbiologiques observés (J.O.R.A, 2017), est disponible en Annexe 1.

II.6. Processus de fabrication

Les critères techniques employés lors de la fabrication diffèrent en fonction du type de fromage désiré. Les différentes étapes de production du fromage de type camembert, présentées ci-dessous, visent à structurer la microstructure du caillé afin d'obtenir la fermeté, la consistance et l'élasticité souhaitées pour le produit final.

Le fromage de type "Camembert", à pâte molle, a été préparé de façon traditionnelle en respectant les étapes décrites dans la recette de Fred Fromager Urbain (2021), tout en effectuant quelques ajustements en fonction des besoins.

a. Matière première

Dans notre travail, nous avons utilisé un lait de vache, entier, pasteurisé et conditionné en sachet. Son numéro de lot est D1. F03.02.2024, E08.02.2024.



Figure 8. Lait de vache entier, pasteurisé et conditionné

b. Chauffage du lait

Le lait a été versé dans le chaudron et porté à une température de 32°C afin de permettre aux ferments d'acidification ensemencés dans le lait de travailler.



Figure 9. Chauffage du lait dans le chaudron

c. Rééquilibrage en calcium

Il est souvent nécessaire d'ajouter du chlorure de calcium pour rétablir le comportement normal du lait lors de la coagulation et de l'égouttage, afin de corriger la précipitation partielle du calcium qui s'est produite pendant la réfrigération.



Figure 10. Rééquilibrage du lait en calcium

d. Ensemencement des ferments

On ajoute des ferments mésophiles aromatiques de marque Flora Danica®, habituellement un mélange de souches : *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ; *Leuconostoc* ; *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ; *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*. Ensuite, on ajoute *Geotrichum candidum* et *Penicillium candidum*.

Le camembert est fabriqué à partir de ferments industriels utilisés pour ensemercer directement le lait.



Figure 11. Ensemencement des ferments

e. Maturation du lait

L'incorporation des ferments dans le lait nécessite une période de maturation durant laquelle il est laissé à une température donnée pendant un certain temps. Cette méthode nécessite une interaction complexe entre les bactéries, les enzymes et les conditions environnementales particulières comme la température et l'humidité.

f. Emprésurage et coagulation

La coagulation du lait est provoquée par l'ajout de présure lors de l' emprésurage. Le rôle de cette étape dans la production du camembert est essentiel, car elle provoque la déstabilisation des micelles de caséine par une altération de leurs caractéristiques physicochimiques.

Cela entraîne la création d'un gel, le coagulum, avec une phase liquide, le lactosérum (petit-lait), formée par floculation. Les éléments solubles du lait sont emprisonnés par ce processus. C'est le résultat de l'activité des bactéries lactiques (culture microbienne) et/ou de la présure.



Figure 12.Emprésurage et coagulation

g. Moulage

On déplace le caillé avec précaution dans des moules spécialement conçues pour le camembert, qui sont généralement peu profondes et de forme circulaire. C'est avec précaution que le caillé est manipulé afin de ne pas le briser.



Figure 13.Remplissage des moules par le caillé

h. Egouttage

Dans les moules, on retourne délicatement le caillé afin que le petit-lait s'écoule de façon homogène. Ce processus, indispensable à la création de la texture typique du fromage, demande quelques heures d'égouttage naturel.



Figure 14.Egouttage

i. Démoulage

Après avoir atteint la consistance désirée, le camembert est délicatement démoulé après 24 à 48 heures d'égouttage. Souvent, le camembert est encore fragile à ce stade et demande une manipulation méticuleuse.



Figure 15.Démoulage du camembert

j. Salage

Le camembert est salé après le démoulage afin d'apporter de la saveur, de favoriser la formation de la croûte et de préserver la saveur du camembert. Il est possible d'effectuer le salage en appliquant du sel sur la surface ou en plongeant le fromage dans une saumure.



Figure 16. Salage du sel sur la surface du camembert

k. Affinage

La fabrication du camembert passe par l'affinage, une étape essentielle. Le fromage est moulé et salé puis placé dans une cave d'affinage à température régulée, habituellement entre 10 et 13 degrés Celsius, et à une humidité élevée, généralement entre 90 et 95%. À cette période, qui peut s'étendre sur quelques semaines, des bactéries particulières, comme le *Penicillium candidum*, se développent à la surface du fromage, créant une fine couche blanche caractéristique, le « duvet ».

Pendant l'affinage, le camembert acquiert ses arômes distinctifs et sa texture crémeuse exceptionnelle. La saveur du camembert est due à la décomposition des protéines et des matières grasses par les enzymes présentes dans le camembert. Dans cette période, les camemberts sont régulièrement retournés afin de garantir un affinage homogène et de favoriser l'épanouissement des saveurs.



Figure 17. Affinage du camembert à température régulée.

l. Emballage

Le conditionnement du camembert revêt une importance capitale afin de préserver sa fraîcheur et sa qualité. En règle générale, le fromage est enroulé dans un papier particulier qui

permet à l'air de circuler tout en empêchant un dessèchement. Souvent, ce papier est enveloppé d'une fine couche de cire ou de plastique afin de garantir une protection supplémentaire.

Le fromage est protégé par l'emballage contre les contaminations extérieures tout en favorisant une maturation contrôlée. Pour éviter le développement de moisissures non désirées tout en préservant les caractéristiques sensorielles du camembert, il est essentiel de sélectionner un emballage qui maintient un équilibre optimal entre l'humidité et l'aération.

Le camembert emballé doit être régulièrement retourné pour qu'il s'affine uniformément et mûrisse bien. Sa dégustation est possible après 4 à 6 semaines d'affinage. Nos camemberts ont été cuits à la main.



Figure 18.Emballage du camembert

II.7. Produit fini (Camembert)

II.7.1. Mesure du rendement du camembert

Le rendement du camembert est évalué en fonction de la quantité de fromage produite à partir d'une quantité de lait utilisée dans la fabrication. On peut mesurer ce rendement en pourcentage et on le calcule en fonction de différents éléments tels que la qualité du lait, les conditions de production, les pertes possibles et d'autres variables liées à la fabrication du camembert.

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Poids du camembert}}{\text{Poids du lait}} \times 100$$

II.7.2. Analyses physicochimiques

Il est essentiel de suivre ces procédures analytiques afin de déterminer avec précision la composition chimique, les caractéristiques physiques et les particularités du fromage. Il est essentiel de les réaliser de manière rigoureuse pour assurer que le produit final respecte les normes de qualité les plus strictes.

II.7.2.1. Préparation de l'échantillon

Disposer 5g de fromage dans un bécher à fromage. Il faut ajouter 50 ml d'eau concentrée. Mixer et uniformiser en utilisant un agitateur.

II.7.2.2. Détermination du pH

Utiliser des solutions tampons à pH 4 et pH 9 pour évaluer l'appareil. S'immerger dans l'échantillon avec l'électrode. La lecture du pH sur l'écran est possible (AFNOR, 1985).

II.7.2.3. Détermination de l'acidité titrable

Fournir un échantillon de 10 ml dans un bécher. Mise en place de 3 à 4 gouttes de phénolphaléine. L'hydroxyde de sodium 0,1 N est utilisé pour titrer à l'aide d'une burette graduée. Effectuer une observation du volume versé jusqu'à ce qu'une coloration rose persistante se forme pendant 10 secondes (Mathieu, 1998).

II.7.2.4. Détermination du taux de cendres

Préparez 5g de fromage à une température de 500°C dans un four à moufle à courant d'air lent pendant une durée de 5 heures. Établir la masse résiduelle (minéraux). Donner le résultat en pourcentage de cendres totales.

$$\% \text{ cendre totale} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

m_0 : est la masse (en grammes) combinée de la capsule et de l'échantillon prélevé.

m_1 : représente la masse (en grammes) de la capsule seule, sans échantillon.

m_2 : indique la masse (en grammes) de la capsule avec le résidu restant après le processus de calcination et de refroidissement.

II.7.2.5. Détermination de la matière sèche

Cela consiste à évaporer l'échantillon pour le déshydrater. Le fromage est ajouté à 5 g dans les capsules préalablement séchées et pesées, puis il est placé au four pendant 3 heures.

Les capsules ont ensuite été placées dans un dessiccateur et refroidies jusqu'à ce qu'elles atteignent la température ambiante du laboratoire. Sur les mêmes échantillons préparés, trois mesures ont été réalisées (Labioui et al. 2009). Le taux d'humidité est représenté par la formule suivante :

$$\% M_s = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

m_0 : représente la masse (en grammes) de la capsule contenant à la fois l'échantillon et la prise d'essai.

m_1 : correspond à la masse (en grammes) de la capsule vide.

m_2 : est la masse (en grammes) de la capsule avec le résidu après le processus de dessiccation et de refroidissement.

II.7.2.6. Détermination de l'humidité (%)

Pour déterminer le pourcentage d'humidité du fromage, on utilise la formule suivante :

$$H(\%) = 100 - M_s$$

Les tests physicochimiques effectués sur le fromage et mentionnés précédemment sont présentés en détail dans l'Annexe 1.

II.7.3. Analyses microbiologiques

❖ Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Prélever 10g de fromage, puis ajouter 90ml de diluant (eau physiologique) afin de créer une solution mère. Une fois que vous avez bien mélangé le produit au vortex, laissez-le reposer pendant 15 minutes.

Mettre en place des dilutions décimales de la solution mère en utilisant une pipette stérile dans des conditions sanitaires. Une fois que 9 ml de solution de dilution ont été ajoutés à une série de tubes à essai stériles, 1 ml de la solution mère est de manière aseptique transféré dans le tube de dilution décimale suivant. La dilution de ce processus est de 10^{-1} . Suite au même protocole, on a prélevé un volume de 1 ml de ce dernier afin de le diluer à 10^{-2} . Il a été procédé à des dilutions en série de la même façon, en commençant toujours par la dilution précédente jusqu'à obtenir une dilution de 10^{-6} (Guiraud et Rosec, 2004).

a. Dénombrement d'*E. coli*

Le but de ce test est de repérer et de recenser les bactéries coliformes, notamment les coliformes fécaux. On la subdivise en deux étapes : la recherche présomptive et la recherche confirmatoire sur les coliformes fécaux.

a₁. Test présomptif

Une série de tubes contenant du bouillon BCPL est utilisée pour effectuer ce test. Les cloches de Durham sont installées sur tous les tubes afin de détecter toute libération de gaz dans l'environnement. La lecture se déroule de la manière suivante :

- Trois tubes contenant 10 ml de BCPL à double concentration, additionnés de 10 ml d'échantillon à analyser (solution mère et dilutions).
- Six (3) flacons contenant 10 ml de BCPL à simple concentration, additionnés d'un échantillon d'analyse de 1ml.
- Six (3) flacons contenant 10 ml de BCPL à simple concentration, additionnés d'un échantillon d'analyse de 0.1ml.
- Les tubes sont incubés à une température de 37 °C pendant 48 heures. Les tests positifs se caractérisent par une apparence trouble et une teinte jaune, preuve de la fermentation du lactose présent dans l'environnement, avec des gaz dans la cloche (plus de 1/10 de la hauteur de la cloche).

a₂. Test confirmatif

L'objectif de ce protocole est de repérer les coliformes fécaux, en particulier *Escherichia coli*. Tous les tube BCPL positifs sont injectés à 0,1 ml (2 à 3 gouttes) dans un tube de milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Les cloches sont évacuées de tout gaz et le milieu est soigneusement mélangé. La période d'incubation est de 24 heures à une température de 44 °C (Volk et al., 1997).

La présence présumée d'*Escherichia coli* est confirmée par un test d'urée-indole à 44°C pendant 24 heures. Par la suite, on insère 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs dans le tube : la présence d'un anneau rose indique la présence d'*E. coli*.

b. Dénombrement de *Staphylococcus aureus* et recherche des Salmonelles

Nous étudions et analysons les deux aspects microbiologiques selon la même méthode que celle utilisée pour les analyses de la matière première (lait), comme nous l'avons décrit plus haut. L'Annexe 1 récapitule les résultats des tests microbiologiques sur le camembert.

II.7.4. Analyse organoleptique

Afin d'approfondir l'évaluation de la qualité organoleptique de nos trois types de camembert étudiés, nous avons réalisé un test sensoriel à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) de l'Université Ibn Khaldoun-Tiaret.

Ce test repose sur la présentation d'un échantillon des troistypes de camembert à un panel de dégustation, sans fournir d'informations préalables afin de garantir l'impartialité des dégustateurs.

Le jury de dégustation est chargé de fournir des observations détaillées dans le but de :

- Établir un profil sensoriel.
- Étudier la satisfaction des consommateurs et/ou leurs préférences.
- Comparer les trois produits afin d'analyser l'impact de certains procédés technologiques ainsi que des paramètres microbiologiques et physicochimiques sur la qualité organoleptique.

Les caractéristiques sensorielles du camembert sont évaluées à travers des observations visuelles et des dégustations.

❖ **Panel de dégustation**

Le comité de dégustation est constitué de 20 membres, enseignants, étudiants et laborantins du laboratoire de microbiologie et de technologie alimentaire, représentant les deux sexes. Ces personnes sont qualifiées et entraînées car elles ont été familiarisées avec les méthodes d'analyse sensorielle et ont l'habitude d'évaluer des produits alimentaires. Avant de commencer les tests, nous avons présenté aux membres la manière dont les bulletins seront complétés.

Avant l'évaluation, plusieurs éléments ont été pris en compte pour obtenir des performances optimales de la part des sujets :

- Les membres n'ont aucune maladie.
- Les membres ne peuvent fumer, manger, boire autre chose que de l'eau pendant l'évaluation.

❖ **Préparation des échantillons**

Au laboratoire et à l'université, les échantillons sont transportés dans une glacière. On distingue et numérise les trois catégories d'échantillons selon les lettres suivantes :

- Type 01 : Un camembert témoin fabriqué à partir de ferments industriels.
- Type 02 : Camembert fabriqué à partir d'un mélange de camembert commercial avec du lait de vache.
- Type 03: Camembert fabriqué en utilisant un lactosérum récupéré à partir du camembert témoin (recyclage).

❖ **Déroulement des séances de dégustation**

On a pris des mesures préventives afin de réduire au minimum l'impact de facteurs externes :

- La pièce est régulièrement ventilée et maintenue à une température et à une humidité agréable.
- On a mis en place un espace adapté pour effectuer les tests sensoriels.
- Des morceaux de chaque fromage à déguster sont placés sur des assiettes séparées.
- Avant de déguster, les fromages sont retirés du réfrigérateur une heure avant, puis coupés en petits morceaux.
- Chaque échantillon reçoit une identification et un numéro précis.
- Chaque station de dégustation est équipée d'une bouteille d'eau minérale et d'un gobelet en plastique pour rincer la bouche après chaque séance.
- Tous les participants reçoivent une fiche d'évaluation (voir Annexe 2) afin de noter leurs observations.
- La qualité gustative évaluée comprend les éléments suivants : aspect, texture, couleur, saveur et odeur.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Matière premier (lait)

III.1.1. Analyses physicochimiques

Les données obtenues à partir des analyses physicochimiques effectuées sur la matière première sont représentées dans le Tableau 4.

Tableau4. Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache entier.

Paramètres	Résultat
pH	6.46
Acidité (°D)	16
Densité	1.03
MG (%)	3.9
Test d'Amidon	Négatif

Le lait de vache utilisé dans cette étude présente un pH de 6,46, ce qui indique qu'il est frais et respecte les normes de l'AFNOR (1980). Selon Doyel et al. (2001), le pH du lait de vache est généralement compris entre 6.4 et 6.8, ce qui représente une plage légèrement acide en raison de l'activité des enzymes et des bactéries lactiques présentes dans le lait.

La mesure de l'acidité titrable est de 16°D. L'intervalle recommandé par Vignola (2002) est compris entre 14°D et 18°D, ce qui indique un lait frais. Selon les recherches menées par Doyel et al. (2001), l'acidité d'un lait frais est de 18°D, ce qui augmente au fil du temps en raison de l'activité microbienne qui convertit le lactose en acide lactique. Ainsi, une acidité de 16 degrés confirme également la fraîcheur du lait.

Le lait de vache entier présente une densité de 1,03. Cette valeur est conforme aux limites établies par Vignola (2002) (1.028 à 1.035), Bonnefoye et al. (2002) (1.028 à 1.032) et la FAO (2010) (1.028 à 1.033). Selon Matheu (1998), la densité du lait est déterminée par la quantité de matière sèche et de matières grasses, et une densité de 1.03 est caractéristique d'un lait de qualité.

Le lait contient 3,9 % de matière grasse. Les normes de Cayot et Lorient (1998) sont en accord avec cette valeur, qui varie de 3,3 % à 4,7 % pour le lait de vache. Selon Hoden et Coulon (1991), la quantité de matière grasse peut différer selon la race de la vache, son

régime alimentaire et la période de lactation. Un taux de matière grasse de 3,9 % témoigne d'un lait riche en nutriments et de qualité supérieure.

L'amidon est testé négativement, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'amidon dans l'échantillon de lait. Cela suggère que le lait n'a pas été modifié par des additifs externes comme l'amidon, ce qui confirme sa nature non reconstituée et sa pureté (Belle et Caspar, 1959).

En conclusion, les résultats des analyses physicochimiques du lait de vache entier montrent que tous les paramètres mesurés (pH, acidité, densité, matière grasse, test d'amidon) sont conformes aux normes en vigueur. Ces résultats indiquent que le lait est frais, de bonne qualité et n'a pas été altéré ou adulteré.

III.1.2. Analyses microbiologiques

La présence de germes est un indicateur de la qualité globale du lait et des mesures d'hygiène. Grâce aux résultats obtenus, il a été possible d'évaluer les contaminations cumulées depuis la standardisation de la masse protéique du lait de vache jusqu'au traitement thermique utilisé, en se basant sur la charge microbienne dénombrée dans nos échantillons de lait destinés à la production de fromages à pâte molle de type Camembert.

Le Tableau 5 ci-dessous regroupe les résultats des analyses microbiologiques :

Tableau 5. Résultats des analyses microbiologiques du lait de vache entier.

Echantillon	Lait de vache entier (UFC/ml)	Limites microbiologiques	
		Normes (J.O.R.A n°39 /2017)	
Germe		M	M
Germes aérobies à 30°C	Absence	3.10^5	3.10^6
<i>Staphylocoques</i>	Absence	10^2	10^3
Coliformes Thermotolérants	Absence	5.10^2	5.10^3
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence dans 25 ml	

L'absence totale de germes aérobies mésophiles dans le lait de vache entier, comme l'indiquent les résultats, démontre un excellent niveau d'hygiène lors de la production et du traitement du lait. Ces germes sont couramment utilisés comme indicateurs de la qualité microbiologique du lait. Une faible charge en germes aérobies est synonyme de bonnes

pratiques de traite, de stockage et de transport. Selon Guinot-Thomas et al. (1995), une faible contamination par ces germes est cruciale pour assurer une longue durée de conservation et une qualité sensorielle optimale du lait.

Les *staphylocoques*, particulièrement *Staphylococcus aureus*, sont des pathogènes potentiels qui peuvent causer des infections alimentaires graves. Leur absence totale dans les échantillons de lait de vache entier indique non seulement un lait de haute qualité, mais également l'efficacité des mesures de contrôle sanitaire mises en place durant la production. Thieulon (2005) note que les principales sources de contamination par les *staphylocoques* incluent les mamelles des vaches, les équipements de traite et les conditions de l'environnement de traite. L'absence de *staphylocoques* dans notre échantillon suggère que toutes ces sources potentielles de contamination ont été efficacement gérées.

Les coliformes thermotolérants, souvent utilisés comme indicateurs de contamination fécale, sont totalement absents dans le lait analysé. Selon Faye et Loiseau (2002), un lait de qualité doit montrer une absence de ces germes, ce qui est confirmé dans nos résultats. L'absence de coliformes thermotolérants montre que le traitement thermique appliqué au lait a été efficace pour éliminer les microorganismes pathogènes et que les conditions d'hygiène pendant la traite et le transport ont été strictement respectées. Kara et Mehieddine (2019) soulignent que des procédures de traitement thermique adéquates et des conditions de production hygiéniques sont essentielles pour prévenir la contamination du lait.

Les Salmonelles sont des bactéries pathogènes responsables de nombreuses intoxications alimentaires. Leur absence dans les échantillons de lait de vache entier est un indicateur essentiel de la sécurité microbiologique du lait. Selon les normes algériennes (J.O.R.A, 2017), le lait doit être exempt de *Salmonella* pour être considéré sûr pour la consommation. L'absence de *Salmonella* dans nos échantillons confirme que les vaches laitières étaient en bonne santé, que la traite a été réalisée dans des conditions d'hygiène optimales et que le lait a été correctement conservé et transporté. Guy (2006) indique que la principale source de contamination par *Salmonella* est l'excrétion fécale, ce qui souligne l'importance de bonnes pratiques de gestion et de contrôle sanitaire dans les fermes laitières.

En conclusion, les résultats des analyses microbiologiques montrent une absence totale de germes aérobies mésophiles, de *staphylocoques*, de coliformes thermotolérants et de *Salmonella* dans le lait de vache entier. Ces résultats témoignent d'une qualité hygiénique élevée et d'une sécurité sanitaire optimale du lait produit. Les bonnes pratiques de traite, le traitement thermique efficace, ainsi que les conditions de stockage et de transport appropriées

ont contribué à l'obtention de ces résultats. En conclusion, le lait de vache entier analysé répond pleinement aux normes microbiologiques en vigueur, garantissant ainsi un produit sûr et de haute qualité pour les consommateurs.

III.2. Produit fini (Camembert)

III.2.1. Variation du rendement

Selon la Figure 19, le camembert de type 03 obtient le meilleur rendement, avec une masse fromagère de 247 g (13,75%), suivi du camembert de type 02 avec une masse de 260 g (13%), et enfin du camembert de type 01 avec une masse de 250 g (12,5%).

Plusieurs éléments influencent le rendement du fromage, tels que la composition du lait, la quantité de caséine, la qualité hygiénique, le choix du coagulant, la conception des cuves, la fermeté du caillé à la coupe et les paramètres de fabrication (Banks et al., 1981 ; Lawrence, 1993 ; Lucey et Kelly, 1994 ; Walsh et al., 1998 ; Fenelon et Guinée, 1999).

Ces variations ont de nombreuses conséquences technologiques, telles qu'une réduction de l'écémage spontané, une sensibilité réduite à la présure, une diminution de la vitesse de raffermissement du gel et de sa fermeté maximale, un égouttage du gel plus difficile et moins complet, ainsi que l'apparition de goûts anormaux (Alcouffe, 1988).

Dans l'industrie laitière, le rendement joue un rôle essentiel sur le plan économique, car il témoigne de la qualité des conditions de production (Huppertz et al., 2006 ; Bittante et al., 2013).

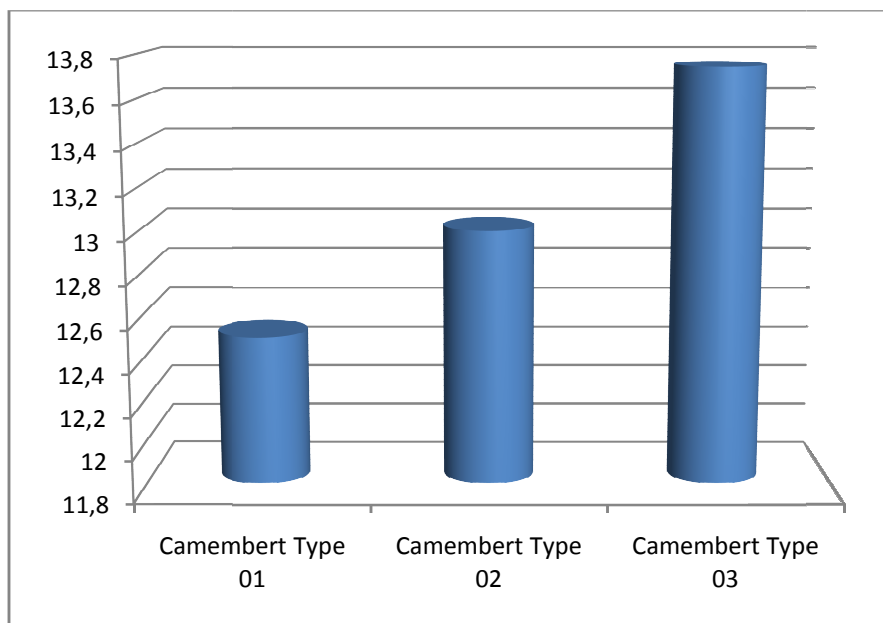


Figure 19. Rendement de la fabrication des trois types de Camembert.

III.2.2. Résultats des analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6. Résultats des analyses physicochimiques des trois types de Camembert.

Paramètres	Produit fini (Camembert)		
	Type 01	Type 02	Type 03
pH	6.35	5.89	7.02
Acidité titrable (°D)	1.309	2.02	1.75
Taux des cendres (%)	2.33	1.72	3.80
Extrait sec total (%)	36	55	48
Humidité (%)	63	44	52
Matière grasse	8.07	6.88	9.14
IF	1.33	1.33	1.33
Densité	1.002	1.002	1.004

Les pH des trois variétés de Camembert varient de 5,89 à 7,02. Le pH le plus bas est celui du type 02 (5,89), puis celui du type 01 (6,35) et enfin celui du type 03 (7,02). La différence de pH entre ces différents fromages peut témoigner de variations dans l'activité microbienne et la fermentation lactique. Une diminution du pH, comme celle du type 02, peut être associée à une acidification accrue, ce qui peut être causé par une fermentation lactique plus intense. La coagulation des protéines du lait et la formation du caillé sont essentielles pour cette acidification, ce qui a un impact sur la texture et la stabilité du fromage.

Pour les trois types de Camembert, l'acidité titrable s'élève de 1,309 °D pour le type 01 à 2,02 °D pour le type 02, tandis que le type 03 atteint 1,75 °D. La concentration d'acide lactique produite par les bactéries lactiques est représentée par l'acidité titrable. Le type 02, qui présente la plus forte acidité, témoigne d'une activité fermentaire accrue, ce qui correspond à un pH plus bas. La présence d'une acidité titrable plus élevée est fréquemment liée à une maturation plus ancienne du fromage et peut avoir un impact sur sa texture et sa saveur.

Le type 03 présente le taux de cendres le plus élevé (3,80 %) et le type 02 le plus bas (1,72%), tandis que le type 01 est à 2,33 %. Les fluctuations du taux de cendres peuvent être causées par des modifications dans la méthode de production. Un taux élevé de cendres, tel que dans le type 03, pourrait témoigner d'une rétention plus importante de minéraux, ce qui peut avoir un impact sur la texture et les caractéristiques de fusion du fromage.

L'extrait sec total est de 36 % pour le type 01, 55 % pour le type 02 et 48 % pour le type 03. Un extrait sec total élevé, comme observé dans le type 02, peut indiquer une teneur en solides plus élevée, ce qui peut rendre le fromage plus ferme et moins humide. L'extrait sec total est directement lié à la consistance et à la durée de conservation du fromage.

Les taux d'humidité des trois types de Camembert sont de 63 % pour le type 01, 44 % pour le type 02 et 52 % pour le type 03. Le type 01, avec le taux d'humidité le plus élevé, est probablement le plus mou, tandis que le type 02, avec le taux d'humidité le plus bas, est probablement le plus ferme. L'humidité est inversement proportionnelle à l'extrait sec total et affecte la texture et la durée de conservation du fromage.

Les pourcentages de matière grasse sont de 8,07 % pour le type 01, 6,88 % pour le type 02 et 9,14 % pour le type 03. Un pourcentage de matière grasse plus élevé, comme dans le type 03, peut améliorer la saveur et la texture crémeuse du fromage. Les différences de matière grasse peuvent également affecter la sensation en bouche et la richesse du fromage.

L'indice de fusion (IF) est de 1,33 pour tous les types de fromage. Cet indice indique que les trois types de Camembert ont des propriétés de fusion similaires, ce qui est important pour des applications culinaires où la fonte uniforme est nécessaire.

Les densités sont de 1,002 pour les types 01 et 02, et de 1,004 pour le type 03. Une densité légèrement plus élevée dans le type 03 peut être due à une plus grande concentration de solides et de matières grasses, influençant la texture et la consistance globale du fromage.

En conclusion, Les analyses montrent que chaque type de Camembert présente des caractéristiques physico-chimiques distinctes influençant la texture, la saveur et la stabilité du fromage. Le type 02 semble être le plus ferme et le plus sec avec une acidité plus élevée, tandis que le type 01 est le plus humide et crémeux. Le type 03, avec la plus haute matière grasse et densité, est probablement le plus riche et savoureux. Ces variations sont essentielles pour répondre aux différentes préférences des consommateurs et applications culinaires.

III.2.3. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les trois types de Camembert sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7. Résultats des analyses microbiologiques des trois types de Camembert.

Echantillon	Camembert 01 (UFC/ml)	Camembert 02 (UFC/ml)	Camembert 03 (UFC/ml)	Limites microbiologiques Normes (J.O.R.A n°39 /2017)	
				m	M
				Germe	
<i>Escherichia coli</i>	Absence	Absence	Absence	10 ²	10 ³
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence	10 ²	10 ³
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence	Absence dans 25 ml	

L'absence d'*Escherichia coli* dans les trois types de Camembert (01, 02, 03) montre que ces fromages ne sont pas contaminés par cette bactérie. Cela indique une absence de contamination fécale et confirme l'efficacité du traitement thermique appliqué, ainsi que la bonne qualité hygiénique de la matière première utilisée. En outre, cela démontre que les bonnes pratiques d'hygiène ont été respectées pendant la fabrication du camembert (Castro et al., 2012).

Le tableau montre une absence totale de *Staphylococcus aureus* dans tous les types de Camembert testés. Cela indique que le traitement du lait et les conditions de fabrication ont été optimaux pour prévenir la contamination par cette bactérie. Selon Facchin et al. (2012), le contrôle de *S. aureus* peut être effectué par des traitements thermiques et peut être inhibé par la présence de bactéries lactiques, comme celles du genre *Lactobacillus*, qui produisent de l'acide lactique. Cet acide diminue le pH du milieu, inhibant ainsi la multiplication de *S. aureus*.

Les résultats montrent l'absence totale de *Salmonella* dans les trois types de Camembert. Cette absence signifie que les fromages ne présentent aucun risque pour la santé du consommateur concernant cette bactérie pathogène. Les Salmonelles étant responsables de nombreux troubles d'origine alimentaire, leur absence confirme que les produits sont conformes aux normes de sécurité alimentaire. Selon Guiraud (2003), les salmonelles sont des

bactéries dangereuses qui ne doivent pas être présentes dans les aliments pour éviter les intoxications alimentaires.

En conclusion, les résultats des analyses microbiologiques indiquent que les trois types de Camembert (01, 02, 03) sont exempts des principaux germes pathogènes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella*). Cela confirme la qualité hygiénique élevée des produits et l'efficacité des processus de fabrication et de traitement thermique appliqués. Ces résultats garantissent que les fromages sont sûrs pour la consommation et respectent les normes microbiologiques en vigueur (J.O.R.A n°39/2017).

III.2.4. Analyses organoleptiques

L'analyse organoleptique évalue les caractéristiques sensorielles d'un produit alimentaire, notamment l'apparence, l'odeur, la texture et le goût. Voici une interprétation et un commentaire sur les résultats organoleptiques des trois types de Camembert.

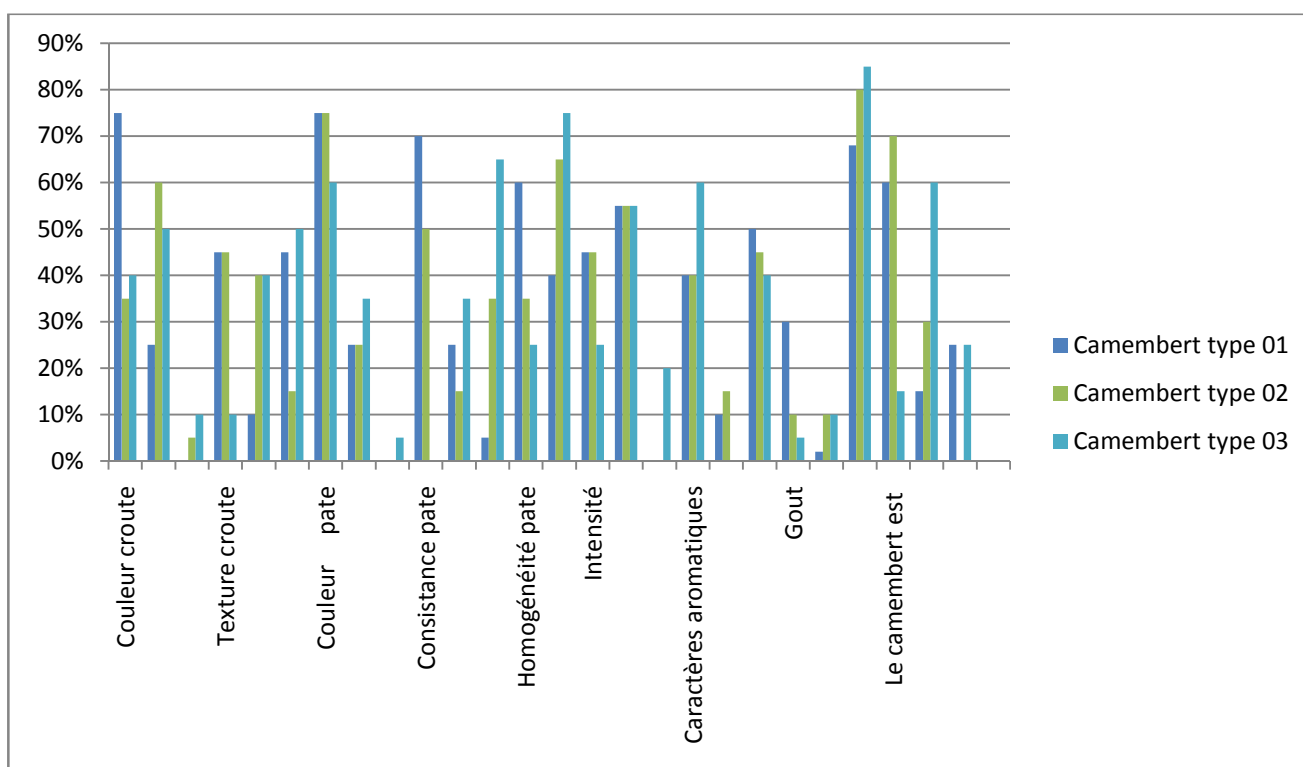


Figure 20. Résultats des tests de dégustation des trois types de camembert.

Les résultats des tests de dégustation selon la Figure 20 mettent en évidence les différences entre les trois types de Camembert. Le Camembert type 01 est principalement apprécié pour sa texture lisse et crémeuse, ainsi que son goût normal à très bon. Le Camembert type 02 se distingue par une couleur de croûte crème et une intensité forte, avec un goût également jugé très bon par la majorité des dégustateurs. Le Camembert type 03

présente une texture de croûte lisse à rugueuse et une intensité modérée à forte, mais son goût est légèrement moins apprécié que celui des deux autres types.

En conclusion, chaque type de Camembert présente des caractéristiques distinctes qui influencent la perception sensorielle globale. Le type 01 se démarque par son homogénéité et sa texture, le type 02 par son intensité et ses caractères aromatiques acides, et le type 03 par une combinaison équilibrée de caractéristiques, bien que légèrement moins apprécié en termes de goût global. En industrie fromagère, ces distinctions peuvent guider les choix de production en fonction des préférences des consommateurs.

Conclusion générale

La création d'un fromage à pâte molle, tel que le célèbre Camembert, représente un artisanat ancestral, profondément enraciné dans la tradition et l'expertise. Ce processus méticuleux, ponctué d'étapes cruciales, aboutit à l'élaboration d'un produit emblématique de la gastronomie mondiale.

En explorant en profondeur les aspects physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques de la production de Camembert, notre étude met l'accent sur la qualité du lait utilisé et les caractéristiques du fromage final. Une partie essentielle de cette analyse porte sur la qualité de trois variétés de Camembert, chacune distinguée par des méthodes variées de culture de starters bactériens, notamment des starters industriels, le recyclage et l'auto-reproduction. Ces différentes approches permettent d'élargir notre compréhension des influences sur les propriétés finales des fromages et offrent des perspectives précieuses pour l'industrie fromagère

Tout d'abord, l'analyse de la matière première a démontré l'importance de la qualité du lait de vache, confirmant sa conformité aux normes physicochimiques et microbiologiques établies. Ces résultats soulignent l'impact des bonnes pratiques agricoles et des mesures d'hygiène sur la sécurité et la qualité du produit final.

Ensuite, l'évaluation du produit fini a révélé des variations significatives entre les différents types de Camembert en termes de composition chimique, de texture et de caractéristiques microbiologiques. Ces différences reflètent l'importance des processus de fabrication et des choix technologiques dans la création de produits aux propriétés sensorielles distinctes, répondant ainsi aux préférences des consommateurs.

Enfin, l'analyse organoleptique a mis en lumière l'importance de l'expérience sensorielle dans l'appréciation globale du fromage, soulignant ainsi l'importance de l'équilibre entre les caractéristiques sensorielles et les aspects physicochimiques et microbiologiques pour garantir la satisfaction du consommateur.

Dans un contexte plus large, cette étude contribue à une meilleure compréhension des processus de production du Camembert et à l'amélioration des pratiques industrielles visant à garantir la qualité, la sécurité et la satisfaction du consommateur. Ces résultats pourraient également servir de base pour des recherches futures visant à optimiser les processus de fabrication et à développer de nouveaux produits répondant aux demandes évolutives du marché.

Conclusion Générale

En conclusion, cette étude apporte une contribution significative à la science fromagère et souligne l'importance de la recherche continue dans le domaine de la production alimentaire pour répondre aux normes de qualité et aux attentes des consommateurs.

Comme perspectives, il serait opportun d'explorer la variabilité de la durée et de la température d'affinage, ainsi que l'impact du choix de la présure et des ferments sur les caractéristiques du fromage à pâte molle, comme le Camembert. De plus, l'optimisation des processus de fabrication pourrait être envisagée, en intégrant des technologies émergentes telles que l'automatisation et la surveillance en temps réel pour garantir une production plus efficace et constante. En parallèle, cette recherche offre des opportunités pour le développement de nouveaux produits répondant aux évolutions du marché et aux préférences des consommateurs.

Références bibliographiques

- AFNOR., (1980).** Recueil des normes françaises. Laites et produits laitiers.
- AFNOR., (1985).** Norme française huîtres creuses. Dénomination et classification. NF V 45-056, 5p.
- Alcouffe A., (1988).** Transformation du lait par le producteur : techniques, réglementations, économie. Thèse de doctorat vétérinaire.
- Banks J.M., Banks W., Muir D.D., Wilson A.G., (1981).** Cheese yield: composition does matter. *DairyInd. Int.* 46 (5), 15, 17, 19, 21-22.
- Belle, G., & Caspar, P., (1959).** Méthode colorimétrique permettant de révéler la présence de lait sec reconstitué. *Le Lait*, 39(385-386), 241-245.
- Bittante G., Cipolat-Gotet C., Et Cecchinato A., (2013).** Genetic parameters of different measures of cheese yield and milk nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. *J. DairySci.* 96 :7966–7979.
- Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G. et Vernes-Bourdais E., (2002).** Population contaminant altérant la qualité sanitaire et marchande. In *Microbiologie et Qualité dans les Industries Agro-alimentaires. Collection Biosciences et Techniques, Série Sciences des Aliments ;* 248p.
- Bouichou El Houssain., (2009).** Contribution A L'évaluation Des Pratiques Frauduleuses Dans Le Lait A La Réception.
- Castro, C., Zuluaga, R., Cleenwerck, I., Trcek, J., De Vos, P., Putaux, J.-L., et al., (2012).** *Gluconacetobacter medellensis* sp. nov., a novel cellulose-producing bacterium isolated from homemade fruit vinegar and reclassified specie of *Gluconacetobacter xylinum*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, under review.
- Cayot, P., et Lorient, D., (1998).** Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.
- Chamba J. F. et Irlinger F., (2004).** Secondary and adjunct cultures. In *Cheese, Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 1 General Aspects*, P. F. Fox, P. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee, 191-206p. London, UK : Elsevier Academic Press Inc.
- Codex alimentaire (CXS 206), (1999).** Normes alimentaire internationale. FAO/OMS. Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie. 3p
- Doyel TC., Hansen JE and Reisleve., (2001).** Tryptophan fluorescence of yeast action resolved via conserved mutations. *BiophysJ.* 80(1) :427-34.
- Facchin, Goss, S. G., Schwartz, J. A., F., Avdagic, E., Gendics, C., & Lantis II, J. C., (2012).** Negative pressure wound therapy with instillation (NPWTi) better reduces post-

Références bibliographiques

- debridement bioburden in chronically infected lower extremity wounds than NPWT alone. *Journal of the American College of Clinical Wound Specialists*, 4(4), 74-80.
- FAO.,(2010)**. Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides Directives pour la publicité des pesticides, FAO 2010.
- Faye B. et Loiseau G., (2002)**. Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. *Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. Actes de l'atelier international, Montpellier, France.* pp :11-13.
- Fenelon M.A., Guinee T.P., (1999)**. The effect of milk fat on Cheddar cheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *J. DairySci.* 82, 2287-2299.
- Fred Fromager Urbain., (2021)**. Fromage maison : Camembert (Recette et toutes les étapes de fabrication) <https://www.youtube.com/watch?v=giUO4bL2huE&t=1142s>. Consulté le 01/03/2024.
- Guegen L., (1979)**. *Cach.Nutr.Diét.* 14, 213-217p.
- Guinot-Thomas Pa , Maroun A A , François L., (1995)**. Effects of storage conditions on the composition of raw milk. *International Dairy Journal*, 5(2), 211-223.
- Guiraud J.P., (2003)**. *Microbiologie alimentaire. Technique et ingénierie*, Dunod, série agroalimentaire, Paris, P 90 et p.292.
- Guiraud J-P et Rosec J-P., (2004)**. *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*, AFNOR. 300p
- Guy F.I., (2006)**. *Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central. Thèse doctorat d'état, université Paul-Sabatier de Toulouse, France.* 17p.
- Hoden A., Coulon J B., (1991)**. Maitrise de la composition du lait. *INRA Prod Anim.* 4(4)-391- 367.
- Huppertz T., Upadhyay V.K., Kelly A.L. EtTamime A.Y., (2006)**. *Constituents and Properties of Milk from Different Species.Brined Cheeses.* Edited by Dr Adnan Tamime. Copyright © 2006 by Blackwell Publishing Ltd. Pp 1-34.
- Institut de l'élevage., (2009)**. *Traite des vaches laitières. Matériel. Installation. Entretien.* 1ere Edition France Agricole. Produire mieux. 55-506p.
- JORA N°39., (2017)**. Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaires : légumes, fruits, végétaux et produits à base de végétaux.

- Kara Souhila Z., Mehieddine T., (2019).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des laits commercialisés dans l'ouest d'Algérie - Mostaganem
Mémoire Master Professionnalisant, Spécialité: Biochimie Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, p39.
- Labioui H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., & Ouhssine, M., (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148(2009), 7-16.
- Lawrence R.C., (1993).** Processing conditions. In: Factors affecting the yield of cheese. Ed. D.B. Emmons. Inter. Dairy Feder. Brussels, 64-78.
- Lucey J., Kelly J., (1994).** Cheese yield. J. Soc. Dairy Techn. 47 (1), 1-14.
- Majdi A., (2009).** les fromages AOP et IGP., in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie, 88p.
- Mathieu J., (1998).** Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Lavoisier, Paris. 220p.
- 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, 19-27p.
- Neelakanten J., Shahani K.M. et Arnold R.G., (1971).** Lipases and flavor development in some italian cheese varieties. Food Production Development, 5, 52-58p.
- Parente E. et Cogan T. M., (2004).** Starter cultures: general aspects. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, pp. 123-148. Edited by P. F. Fox, P. L. H. Mc Sweeney, T. M. Cogan & T. P. Guinee. London: Elsevier.
- Romain J., Thomas, C., Michel, M., Pierre, S & Gerard, B., (2008).** Les produits laitiers .2ème Edition TEC et DOC. Lavoisier, 184p
- Thieulon M., (2005).** Lait pathogènes staphylocoques. In Revue de la chambre d'agriculture du Cantal. Pp .1-2.
- Veisseyre R., (1979).** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Edition la maison rustique, Paris.
- Vignola C., (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.
- Volk T.J., Kozak M.E., et Krawczyk J., (1997).** Ecological guides to the cultivation of edible mushrooms. Mushroom News 45(5): 26-3.
- Walsh C.D., Guinée T.P., Harrington D., Mehra R., Murphy J., Fitzgerald R.J., (1998).** Cheesemaking, compositional and functional characteristics of low-moisture part-skim

Références bibliographiques

Mozarella cheese from bovine milks containing -casein AA, AB or BB genetic variants.
J. DairyRes. 65, 307-315.

Wolter R., (1988). Alimentation de la vache laitière. 3ème édition. Editions France Agricole, Paris.

Yildiz F., (2010). Développement and manufacture of yougurt and other dairy products, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 435p.

Annexes

Annexe 1

Compositions des milieux de culture.

Composition de la gélose PCA.

Biotrypease.....	5g/l
Extrait de levure	2.5g/l
Glucose.....	1g/l
Agar.....	15g/l
Eau distillée.....	1000ml

Composition de gélose BP.

Peptone.....	10g/l
Extrait de levure.....	2g/l
Extrait de viande de bœuf	4g/l
Pyruvate de sodium.....	10g/l
Glycocolle.....	12g/l
Chlorure de lithium.....	5g/l
Agar-agar.....	20g/l
Eau distillée.....	1000ml

Composition de la gélose VRBL.

Peptone.....	7g/l
Extrait de levure.....	5g/l
Sels biliaires.....	1.5g/l
Lactose	10g/l
Chlorure de sodium	5g/l
Rouge neutre.....	0.03g/l
Cristal violet	2mg
Gélose	12g/l

Composition de la gélose Hektoen.

Peptone pepsique de viande.....	12g/l
Extrait de levure	3g/l
Sels biliaires	9g/l
Lactose.....	12g/l
Saccharose.....	1.2g/l
Salicine.....	2g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l
Hyposulfite de sodium.....	5g/l
Citrate de fer ammoniacal.....	1.5g/l
Bleu de bromothymol.....	0.0064g/ l
Fushine acide	0.04g/l
Gélose	14g/l
Eau distillée.....	1000ml

Composition du bouillon BCPL.

Peptone.....	5g/l
Extrait de levure	3g/l
Lactose.....	10g/l
Pourpre de Bromocrésol.....	25mg/l

Compositions des liquides et réactifs utilisés :

Compositions de réactif Kovacs.

Alcool amylique ou iso-amylique.....	150ml/l
P.diméthylaminobenzaldéhyde.....	10g/l
Acide chlorhydrique concentré.....	50ml/l

Compositions d'eaux physiologiques.

Chlorure de sodium.....	9g/l
Eau distillée.....	1000ml

Tableau 8. Normes microbiologiques pour le lait et les produits laitiers (J.O.R.A, 2017).

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

B. Analyses microbiologiques du lait**B.1. Recherche des germes aérobies à 30°C**

* Milieu culture utilisée PCA (ensemencement en surface)



A. Préparation des dilutions.
solution



B. Versement du milieu gélosé



C. Transférer 1 ml de la



D. Incubation à 30°C/24h



E. Absence des colonies

Figure 21. Dénombrement de germes aérobies à 30°C.

B.2. Dénombrement des coliformes thermotolérants

* Milieu culture utilisée VRBL.



A. Les dilutions.



B. Encemencement de 1ml de la solution.



D. Incubation à 44°C/24h.



E. Absence des colonies

Figure 22. Dénombrement les coliformes thermotolérants.

B.3. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

* Milieu de culture utilisée Baird Parker.



A. l'addition du jaune d'œuf
et Tellurite potassium



B. Collage du gelose



C. Étalement de la
dilution en surface



D. Incubation 37°C/24h



E. Absence des colonies

Figure 23. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

B.4. Recherche des Salmonelles

* Milieu utilisée Hektoen.



A. Pré enrichissement.



B. Incubation 37°C/24h.



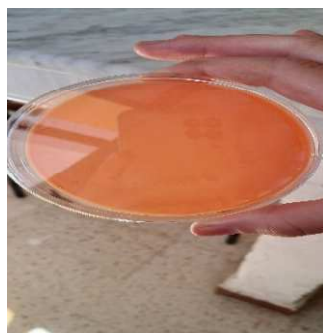
C. Enrichissement



D. Transférer 0.1 ml sur milieu hektoen.



E. Incubation 37°C/24h.



F. Absence des colonies.



Figure 24. Recherche des Salmonelles.

C. Analyses physico-chimiques du fromage



Détermination du pH.



Détermination de l'acidité titrable



Détermination de la matière grasse.

Figure 25. Analyses physico-chimiques du Camembert

D. Analyses microbiologiques du fromage

D.1. Dénombrement d'*E. coli*



A. Solution mère.



B. Bouillon BCPL (6S/C et 3D/C).



C. Ajout d'1ml de la solution.



D. Incubation à 37°C/48h.



E. Absence des coliformes totaux

Figure 26. Dénombrement d'*Escherichia coli*.

D.2. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*



A. Les dilutions.



B. Versement de la gélose.



C. Étalement 0,1 ml de la dilution.



D. Incubation 37°C/24h.



E. Absence des colonies.

Figure 27. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

D.3. Recherche des Salmonelles



A. Pré enrichissement.



B. Incubation à 37°C /24h.



C. Enrichissement.



D. Transférer 0.1 ml sur milieu héktoen



E. Incubation 37°C/24h.



F. Absence des colonies.

Figure 28. Recherche des salmonelles.

Annexe 2

Fiche de dégustation du fromage Camembert

Evaluation sensorielle de trois types de fromage Camembert.

Date de dégustation :

☒ Prière de goûter et d'évaluer chacun des trois échantillons :

Caractères		Echantillons		Camembert type 01	Camembert type 02	Camembert type 03
Apparence	Croûte	Couleur	Blanche			
			Crème			
			Brune claire			
		Texture	Lisse			
			Rugueuse			
			Fleurie			
	Pâte	Couleur	Blanc cassé			
			Jaune pale			
			Doré			
		Consistance	Crémeuse			
			Coulante			
			Ferme			
Homogénéité	Uniforme					
	Variée					
Odeur	Intensité	Légère				
		Modérée				
		Forte				
	Caractères aromatiques	Animal				
		Végétal				
		Fermentaire				
Goût		Amère				
		Acide				
		Normal				
Le camembert est		Très bon				
		Bon				
		Moyen				
Autres caractères					

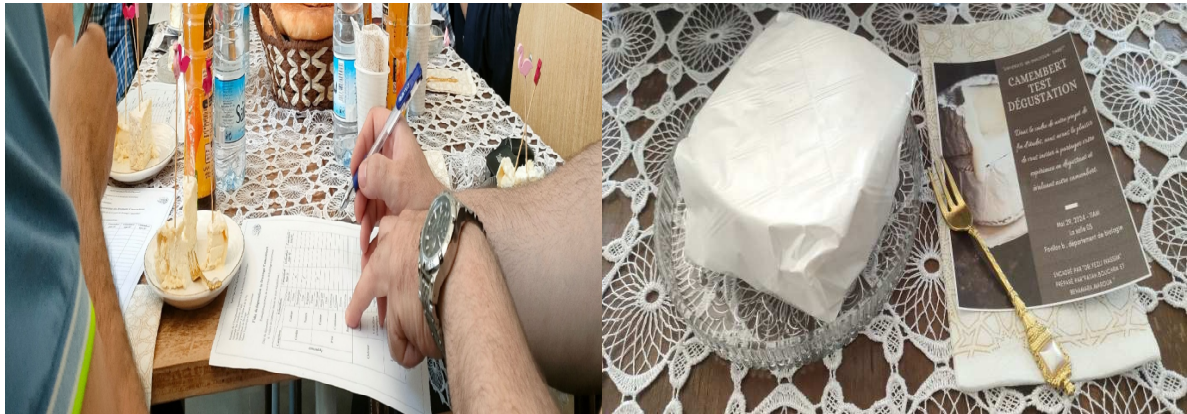


Figure 29. Présentation des échantillons au jury de dégustation.