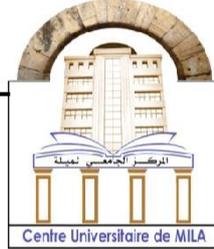


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques et Agricoles

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème :

Importance des microorganismes dans la production du camembert

Présenté par :

- REGUIAI Roqiya
- BENTAFER Ismahan

Devant le jury :

BOUCHAIR Khadidja
RABHI Nour Elhouda
BOUDRAA Wahiba

Grade MCB
Grade MCB
Grade MCA

Président
Examinateur
Promoteur

Année Universitaire : 2024/2025



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, **nous remercions Dieu** et Sa grande miséricorde de nous avoir permis d'atteindre ce niveau.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous nos enseignants, depuis notre premier jour d'école, pour leur accompagnement et leur dévouement.

Nous adressons une mention particulière à notre co-encadrante **BOUJAHM I.**, pour son aide précieuse, ses conseils éclairés et son soutien tout au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury, **Mme RABHI** et **Mme BOUCHAIR**, pour le temps qu'elles nous ont accordé ainsi que pour leurs remarques pertinentes concernant ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement le personnel de la laiterie **SARL Coolcheese**, en particulier **Monsieur BENOUIDA**, pour son accueil, sa disponibilité et ses conseils tout au long de notre période de stage.

Nos remerciements vont aussi à **Mme WAHIBA**, technicienne de laboratoire, pour son aide précieuse, ainsi qu'à **Mr. TORCHE** pour son soutien.

Enfin, nous exprimons toute notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin, dans la réalisation de ce mémoire.

Dédicace



Avec tout mon amour et toute ma reconnaissance, je dédie ce travail à mes chers parents :

*À **ma chère mère, DJANNET**, pour ses sacrifices et ses veillées tardives afin d'assurer mon confort et la réussite de mes études.*

*À **mon père, HOCINE**, pour ses efforts et son soutien constants depuis mon tout premier jour d'école.*

*À **mes sœurs**, chacune si précieuse : **OMAYMA, ZEYNEB, ANFEL, SOUNDOUS et GHOUFRANE**.*

*À **mon cher fiancé, MOHAMMED**, pour son soutien indéfectible, sa confiance en moi et sa présence tout au long de ce parcours, jusqu'à ce jour si spécial.*

*À **ma chère famille, les REGUIAI et les AZIEZE**, du plus petit au plus grand, je dédie ce modeste travail.*

Dédicace



Louange à Dieu, par Sa grâce les bonnes œuvres s'accomplissent.
Je présente ce mémoire comme le fruit d'un labeur qui s'est étalé sur des années, en implorant le Très-Haut de le rendre sincère pour Sa noble Face et bénéfique pour quiconque le consultera.

À ma mère, qui fut et restera mon ange et mon paradis en cette vie. Tu es mon plus beau et tout premier bonheur.

À ma mère, qui a semé en mon cœur l'espoir, la patience et l'amour, et qui m'a accompagnée à chaque pas, à chaque étape.

*À ma mère, qui a pleuré en priant Dieu de me faciliter la voie et de me combler de réussite. **Ma chère mère : HABIBA.***

*À l'homme de ma vie, mon précieux, mon soutien et ma force, celui à qui je dois ma réussite. Tout mon respect pour mon cher papa : **BOUJEMAA.***

*À ma sœur, ou plutôt ma seconde mère, **HALIMA**, qui fut toujours de bons conseils, doux et bienveillants.*

*À ma sœur, ou mon âme jumelle, **NOURHANE**. Vous êtes la lumière de mes jours gris, l'appui quand le poids des jours pliait mes épaules.*

*À ma belle-sœur **AMIRA**, et au petit trésor **ELYES**.*

*À mes frères **HAROUN, ISMAIL et AYOUB** : Je n'oublierai jamais ces mots : « Nous sommes là à tout moment, demande ce que tu veux. » C'était une force.*

*À **ISHAK**, que j'ai appelé mon fils... Je t'aime, mon petit héros.*

*À celles que le destin a réunies sur mon chemin, merci : **AMENA, ROQIYA, HASNAA, IKRAM, HADIL, HIND, AYA, I, A, N, M, H.***

*À celle qui a enduré la fatigue et bravé le chemin long avec silence et force... Je t'offre cette réussite, ô **moi-même**, en reconnaissance de ta patience, de ta foi et de ta détermination à toucher la grandeur.*

*Et nous avons rêvé jadis de ce que nous vivons aujourd'hui. **Alhamdoulillah.***

-ISMAHAN-

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale -----01

PARTIE THEORIQUE

Chapitre 01 : Généralités sur le lait de vache

1. Définition du lait -----	03
2. Valeur nutritionnelle et composition chimique du lait de vache -----	03
2.1. L'eau -----	03
2.2. La matière grasse -----	04
2.3. Les minéraux -----	04
2.4. Les glucides -----	05
2.5. Les protéines -----	05
2.6. Les vitamines -----	05
3. Facteurs de variations du lait de vache-----	06
3.1. Facteurs intrinsèques-----	06
3.2. Facteurs extrinsèques-----	07
4. Les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache-----	08
4.1 pH -----	08
4.2 La densité -----	08
4.3 L'acidité -----	08
4.4 Point de congélation -----	08
4.5 Point d'ébullition -----	09
5. Composant chimique indésirable de lait -----	09
6. Les caractéristiques microbiologiques du lait de vache -----	09
6.1 Flore originelle-----	10
6.2 Flore de contamination-----	11
6.3 Flore pathogène-----	11

Chapitre 02 : les fromages

1. Généralités sur les fromages-----	12
1.1. Définition et bref historique -----	12
1.2. Les compositions -----	13
1.2.1. Teneur en eau -----	13
1.2.2. Matière grasse-----	14
1.2.3. Les protéines-----	15
1.2.4. Les glucides-----	15

1.2.5. Les minéraux	15
1.3. Valeur nutritionnelle	17
1.4. Les grandes classes des fromages	18
1.4.1. Les fromages à pâte fraîche	18
1.4.2. Les fromages à pâte pressée	20
1.4.3. Les fromages à pâte filée	21
1.4.4. Les fromages fondus	22
1.4.5. Les fromages à pâte molle	22
2. Le camembert	24
2.1. Historique	24
2.2. Définition	24
2.3. Composition et valeur nutritionnelle	25
2.4. Processus de la fabrication	26
2.4.1. Préparation du lait	26
2.4.2. Inoculation et maturation	26
2.4.3. emprésurage et coagulation	27
2.4.4. L'égouttage	27
2.4.5. Le salage	28
2.4.6. L'affinage	28
3. Les facteurs influençant l'affinage du camembert	29
3.1. pH	29
3.2. Température	29
3.3. Activité d'eau	29
3.4. Composition d'air	30

Chapitre 03 : Flore microbienne du camembert

1. Le rôle des espèces microbiennes dans la fabrication du camembert	31
1.1 Flore bactérienne	31
1.1.1. Les bactéries lactiques	31
1.1.1.1. <i>Lactococcus lactis</i>	32
1.1.1.2. <i>Streptococcus thermophilus</i>	32
1.1.2. Les bactéries d'affinage	32
1.1.2.1. <i>Brevibacterium linens</i>	33
1.2. Flore fongique	33
1.2.1. Les moisissures	33
1.2.1.1. <i>Penicillium camemberti</i>	33
1.2.2. Les levures	34
1.2.2.1. <i>Geotrichum candidum</i>	34
1.2.2.2. <i>Kluyveromyces marxianus</i>	35
2. Les germes contaminant le camembert	35
2.1. <i>Listeria monocytogene</i>	35
2.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	35

2.3. <i>Salmonelles</i>	36
2.4. <i>Escherichia coli</i>	36
3. Les défauts liés à des problèmes microbiologiques dans le camembert	36
3.1. Poil de chat	36
3.2. Bleu en surface	37
3.3. Peau de crapaud	38
3.4. Jaune fluorescent	38

PARTIE PRATIQUE

I. Matériel et Méthodes

1. Objectifs de la recherche	40
2. Présentation de l'unité	40
3. Les étapes de fabrication fromagère de type camembert	41
4. Méthodes d'analyses	48
4.1. Les analyses physico chimiques de la matière première (lait de vache)	48
4.1.1. Prélèvement de l'échantillon	49
4.1.1.1. Test de pH	49
4.1.1.2. Test de densité	49
4.1.1.3. Test d'acidité	50
4.1.1.4. Test des antibiotiques	51
4.2. Les analyses microbiologiques de produit fini (camembert)	51
4.2.1. Microorganismes recherchés	52
4.2.2. Echantillonnage et prélèvement	52
4.2.3. Les analyses effectuées	53

II. Résultats et Discussion

1. Effet des ferments utilisés sur la qualité du camembert	57
2. Interprétation des résultats physicochimiques du lait cru	59
2.1. pH	59
2.2. Densité	59
2.3. Acidité	59
2.4. Test des antibiotiques	60
3. Interprétation des variations de pH et de l'acidité pendant l'affinage du camembert	60
4. Résultat des analyses microbiologiques du camembert	61
4.1. Résultat de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	61
4.2. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	63
4.3. Recherche de <i>Salmonella</i> spp	63
4.4. Conclusion globale des résultats microbiologiques	64
Discussion	64
Conclusion générale	67
Références bibliographiques	79
Annexes	

Liste des abréviations

AA : Acide aminé

ATB : Antibiotique

A_w : Activité de l'eau

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FTAM : la flore totale aérobie mésophile

GEO : *Geotrichum candidum*

Pc : *Penicillium camemberti*

SM : solution mère

SS : *Salmonella-Shigella*

UFC : Unité formant colonie

Liste des figures

Figure 01	Composition d'un globule de matière grasse.....	04
Figure 02	Les différentes bactéries infectieuses.....	11
Figure 03	Différents types de fromages.....	13
Figure 04	Valeurs nutritionnelles des fromages.....	18
Figure 05	Fromage frais.....	19
Figure 06	Fromage à pâte pressée.....	21
Figure 07	Fromage à pâte molle.....	24
Figure 08	Fromages envahis par la moisissure <i>Mucor</i> , responsable de l'effet "poil de chat".....	37
Figure 09	Surface d'un fromage touchée par des taches bleuâtres.....	37
Figure 10	L'accident de peau de crapaud.....	38
Figure 11	Surface d'un fromage touchée par <i>Pseudomonas fluorescens</i>	39
Figure 12	Localisation et interface de la SARL COOLCHEESE.....	40
Figure 13	Diagramme du processus de fabrication du Camembert à la SARL COOLCHEESE.....	41
Figure 14	Pasteurisation du lait.....	42
Figure 15	Préparation de la présure.....	43
Figure 16	Coagulation du lait.....	43
Figure 17	Découpage du caillé.....	44
Figure 18	Brassage du caillé.....	44
Figure 19	Moulage du caillé.....	45
Figure 20	Égouttage du fromage.....	45
Figure 21	Salage du Camembert.....	46
Figure 22	Ressuyage.....	46
Figure 23	Produit fini.....	47
Figure 24	Camembert « LE LEADER ».....	47
Figure 25	Schéma de la méthodologie de travail utilisée.....	48

Figure 26	Test de pH.....	49
Figure 27	Test de densité.....	50
Figure 28	Test d'acidité.....	50
Figure 29	Test des antibiotiques.....	51
Figure 30	Échantillon de Camembert découpé en quatre secteurs.....	53
Figure 31	Préparation de la solution mère.....	53
Figure 32	Ensemencement des échantillons sur milieux de culture.....	54
Figure 33	Protocole utilisé pour la coloration de Gram.....	56
Figure 34	Absence de résidus antibiotiques détectée.....	60
Figure 35	Variation du pH et de l'acidité au cours des jours de maturation.....	60
Figure 36	Observation macroscopique des colonies de la FTAM.....	62
Figure 37	Observation microscopique des FTAM au microscope optique.....	62
Figure 38	Absence de colonies sur le milieu Chapman.....	63
Figure 39	Absence de colonies sur le milieu SS.....	63

Liste des tableaux

Tableau 01	Composition des minéraux du lait (g/L).....	05
Tableau 02	Récapitulatif de la flore bactérienne trouvée dans le lait cru de vache.....	10
Tableau 03	Teneur en eau des fromages.....	14
Tableau 04	Teneur lipidique pour 100 g de fromages.....	14
Tableau 05	Teneur protéique des fromages.....	15
Tableau 06	Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages.....	16
Tableau 07	Composition du Camembert pour 100 g de produit frais.....	25
Tableau 08	Matériel et produits utilisés pour les analyses physicochimiques du lait.....	48
Tableau 09	Matériel et produits utilisés pour les analyses microbiologiques du Camembert.....	52
Tableau 10	Effets techno-fonctionnels des ferments utilisés dans la fabrication du Camembert par la SARL CoolCheese.....	57
Tableau 11	Résultats des analyses physicochimiques du lait cru.....	59
Tableau 12	Analyses microbiologiques globales du Camembert « Le Leader ».....	64

Résumé

Le présent travail porte sur le processus de fabrication du fromage à pâte molle de type camembert au sein de la laiterie *SARL Coolcheese à Mila*. Il vise à évaluer le rôle des ferments microbiens sur la qualité technologique, hygiénique et organoleptique du produit fini, à réaliser une analyse physicochimique de la matière première (lait cru), à suivre l'évolution du PH et de l'acidité au cours de la maturation, et à effectuer un examen microbiologique du camembert obtenu. Le suivi in situ du processus de fabrication nous a permis de préciser le rôle des ferments utilisés ; LL50 (*Lactococcus lactis*) et TS80 (*Streptococcus thermophilus*) dans l'acidification du lait, et GEO17 (*Geotrichum candidum*) et PC NEIGE (*Penicillium camemberti*) dans l'affinage. Les analyses physicochimiques du lait cru destiné à la transformation révèlent un PH de 6,6, une densité de 1,030 et une acidité de 15 °D. De plus, aucun résidu d'antibiotique n'a été détecté, ce qui permet une bonne implantation de la flore technologique. L'étude de l'évolution du PH et de l'acidité pendant la maturation a montré une élévation progressive du PH (de 5,0 à 6,0) et une diminution de l'acidité titrée (de 11 °D à 6 °D). Les analyses microbiologiques du camembert ont mis en évidence la présence de la flore mésophile bénéfique, sans détection de *Staphylococcus aureus* ni de *Salmonella spp.* En conclusion, le lait cru ainsi que le camembert produit présentent une qualité hygiénique et microbiologique satisfaisante, ce qui reflète la bonne maîtrise du processus technologique au sein de l'unité de production et la conformité sanitaire du produit.

Mots-clés : lait cru, camembert, pâte molle, ferments microbiens, analyses physicochimiques, analyses microbiologiques, qualité sanitaire.

Abstract

This study focuses on the production process of soft cheese of the Camembert type at the SARL Coolcheese dairy located in Mila. It aims to assess the role of microbial starters in the technological, hygienic, and organoleptic quality of the final product; to conduct a physicochemical analysis of the raw material (raw milk); to monitor the evolution of pH and acidity during cheese maturation; and to carry out a microbiological examination of the Camembert. On-site monitoring of the production process allowed us to determine the roles of the starter cultures used; LL50 (*Lactococcus lactis*) and TS80 (*Streptococcus thermophilus*) for milk acidification, and GEO17 (*Geotrichum candidum*) and PC NEIGE (*Penicillium camemberti*) for cheese ripening. Physicochemical analyses of the raw milk showed a pH of 6.6, a density of 1.030, and a titratable acidity of 15 °D. No antibiotic residues were detected, ensuring proper development of the starter flora. Monitoring of pH and acidity during ripening revealed a gradual increase in pH (from 5.0 to 6.0) and a decrease in titratable acidity (from 11 °D to 6 °D). Microbiological analyses of the finished Camembert showed the presence of beneficial mesophilic flora, with no detection of *Staphylococcus aureus* or *Salmonella spp.* In conclusion, both the raw milk and the resulting Camembert cheese displayed satisfactory hygienic and microbiological quality, reflecting sound technological control within the production unit and the sanitary compliance of the final product.

Keywords: raw milk, camembert, soft cheese, microbial starters, physicochemical analysis, microbiological analysis, sanitary quality.

الملخص

تتناول هذه الدراسة عملية تصنيع الجبن الطري من نوع الكاممبير داخل ملبنة "كول تشيز" بميلة. وتهدف إلى تقييم دور الخمائر الميكروبية في الجودة التكنولوجية والصحية والحسية للمنتج النهائي، بالإضافة إلى إجراء تحليل فيزيائي كيميائي للمادة الأولية (الحليب الخام)، ومتابعة تطور درجة الحموضة والحموضة الكلية خلال مرحلة النضج، وإجراء فحص ميكروبيولوجي لجبن الكاممبير المصنوع. مكنتنا المتابعة الميدانية المباشرة لعملية التصنيع من تحديد دور الخمائر المستعملة: التحاليل *LL50 (Lactococcus lactis)* و *TS80 (Streptococcus thermophilus)* في تجميع الحليب، وكذلك *GEO17 (Geotrichum candidum)* و *PC NEIGE (Penicillium camemberti)* في عملية النضج. أظهرت الفيزيائية والكيميائية للحليب الخام المستخدم في التصنيع أن درجة الحموضة كانت 6,6، والكثافة 1,030، والحموضة الكلية 15 درجة دورنيك، وهي كلها مطابقة للمعايير. كما لم يتم الكشف عن أي بقايا مضادات حيوية، مما يسمح بنمو جيد للفلورا التكنولوجية. أظهرت متابعة تطور درجة الحموضة والحموضة خلال النضج ارتفاعاً تدريجياً في درجة الحموضة من 5.0 إلى 6.0، وانخفاضاً في الحموضة من 11 إلى 6 درجات دورنيك. أما التحاليل الميكروبيولوجية للجبن فقد أظهرت وجود فلورا نافعة، دون الكشف عن *Staphylococcus aureus* أو *Salmonella spp.* ختاماً، أظهر كل من الحليب الخام وجبن الكاممبير جودة صحية وميكروبيولوجية مرضية، مما يعكس التحكم الجيد في العملية التكنولوجية داخل وحدة الإنتاج والتطابق مع معايير السلامة الصحية.

الكلمات المفتاحية: الحليب الخام، كاممبير، جبن طري، خمائر ميكروبية، تحاليل فيزيائية كيميائية، تحاليل ميكروبيولوجية، جودة صحية.

Introduction Générale

I-Introduction générale :

Le lait et ses produits dérivés occupent une place importante dans l'alimentation du consommateur algérien. En effet, l'Algérie est classée premier pays du Maghreb en termes de consommation de lait, avec une estimation annuelle d'environ 5,5 milliards de litres (**Sraïr et al., 2005**). Le lait de vache constitue une matière de base pour l'industrie laitière, pouvant être consommé frais ou transformé en une grande diversité de produits, notamment le fromage (**Benalia et al., 2013**). Toutefois, lorsque le lait ne répond pas aux normes de qualité, il peut représenter un risque sanitaire pour le consommateur (**Aggad et al., 2009**).

Parmi les produits laitiers transformés, le fromage occupe une place assez importante sur les plans historique et technologique. Ce produit représente l'une des plus anciennes méthodes de conservation du lait, basé sur des procédés de fermentation anciens, mais désormais maîtrisé (**Eck & Gillis, 2006**). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**), environ 40 % du lait produit à l'échelle mondiale est transformé en fromage. D'après **Mahaut et al. (2000)**, on recense près de 2000 variétés de fromages à travers le monde, issues d'une vingtaine de types fondamentaux, chacun fabriqué selon une méthode de base partagée.

Parmi les différentes variétés de fromage, notre choix s'est porté sur le camembert en raison de son grand intérêt sur le marché international et de la complexité de son processus de fabrication. Le camembert, un fromage à pâte molle à croûte fleurie, est élaboré à partir de lait entier ou standardisé, pasteurisé, puis coagulé à l'aide de présure et/ou d'enzymes spécifiques. Le caillé obtenu est moulé, salé, puis soumis à un affinage progressif. L'acidification et l'affinage sont assurés par des ferments industriels spécifiques (des bactéries lactiques, des levures et moisissures) qui jouent un rôle technologique majeur dans le développement des caractéristiques organoleptiques typiques du produit (**Hui et al., 2004**).

Afin de garantir la qualité hygiénique et technologique du produit fini, il est essentiel d'assurer un contrôle rigoureux des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de la matière première « lait cru » ainsi que du produit transformé « camembert ».

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, menée au sein de la fromagerie SARL Coolcheese, en complément d'un travail pratique en laboratoire universitaire. Elle vise à :

- Analyser les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait cru et du produit fini ;
- Suivre le processus de fabrication du camembert à la fromagerie «SARL Coolcheese»;
- Évaluer l'impact des ferments industriels utilisés sur la qualité du produit obtenu.

Pour répondre à ces objectifs, ce travail est structuré en deux parties complémentaires :

- Une revue bibliographique, qui présente les généralités sur le lait, les fromages, et la flore technologique spécifique au camembert ;
- Une partie expérimentale, consacrée au matériel et à méthodes employées, à l'interprétation des résultats obtenus et à leur discussion.

Etude Bibliographique

II-Concepts fondamentaux :

Chapitre 01 : Généralités sur le lait :

1. Définition du lait :

Le lait destiné à la consommation humaine est le résultat de la traite continue et complète d'une femelle laitière en bonne santé, correctement alimentée et non soumise à un stress excessif (**Ghazi et Niar, 2011**)

Conformément au règlement (CE) N° 853/2004, le lait cru est défini comme étant « produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40°C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent » (**DiversiFerm, 2014**).

En 1999, le Codex Alimentarius a établi une définition du lait comme étant la sécrétion normale des mamelles des animaux de traites, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucun ajout ni retrait, et destinée à être consommée sous forme de lait liquide ou transformé (**Benhedane, 2012**).

2. Valeur nutritionnelle et composition chimiques du lait de vache :

Le lait de vache est connu pour sa valeur nutritionnelle et la diversité de ses constituants. Il est considéré comme une source de calcium qui renforce l'os, et une source de matière grasse, et différentes vitamines dont le corps a besoin (**Leroy, 1965**). Parmi les principaux composants de lait de vache on trouve : l'eau, la matière grasse, les minéraux, les glucides, les protéines et les vitamines (**Bouheraoua, 2023**).

2.1. L'eau :

L'eau est considérée comme un élément très important par rapport aux autres constituants. Elle représente environ 81 à 87%, du volume totale du lait selon la race (**Ramet, 1985**). Cet élément se trouve dans le lait sous deux formes distinctes : l'eau libre et l'eau liée à la matière sèche. L'eau libre, en raison de sa grande mobilité, est très réactive, elle permet la dissolution du lactose et de certains minéraux, créant ainsi un environnement propice à la croissance des microorganismes. D'autre part, L'eau associée est fortement connectée aux protéines, à la membrane des globules lipidiques et à certains minéraux. Contrairement à l'eau libre, elle n'est pas impactée par les processus de transformation traditionnels et ne participe pas aux réactions chimiques, physiques et enzymatiques (**Ramet, 1985**).

2.2. La matière grasse :

Les globules gras, d'un diamètre compris entre 0,1 et 10 μm , contiennent de la matière grasse dans le lait. Cette matière grasse est principalement composée de triglycérides. Sa quantité moyenne varie en fonction des conditions d'élevage, de la race de la vache et de la période de lactation. (Jeantet *et al.*, 2007).

En règle générale, le lait de vache contient environ 3,55 g pour 100 g de lait (Fredot, 2006). Les triacylglycérols constituent environ 97,5% de tous les lipides présents. En revanche, les diacylglycérols, les monoacylglycérols et les acides gras libres se trouvent naturellement en petites quantités, mais leur proportion peut augmenter lors d'une lipolyse. D'autres composés tels que le cholestérol, les hormones stéroïdiennes, les vitamines, les arômes et les précurseurs d'arômes, bien que présents en quantités minimes, jouent un rôle nutritionnel et organoleptique crucial (Jeantet *et al.*, 2007).

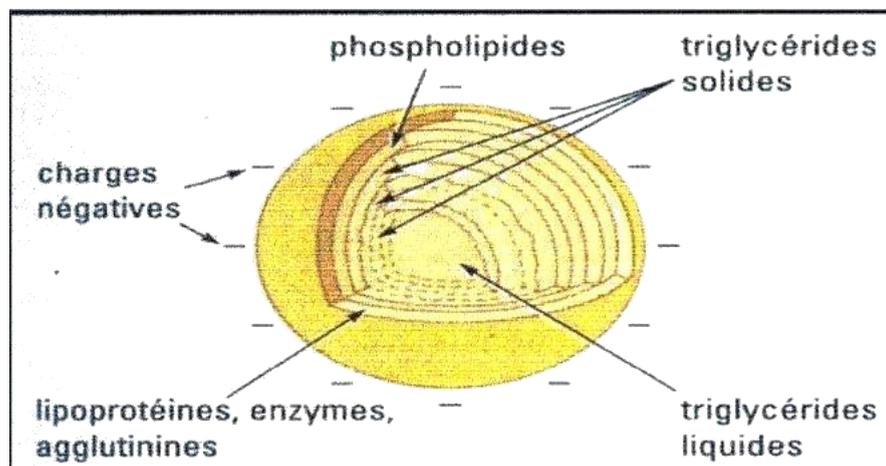


Figure 01 : Composition d'un globule de matière grasse (Vignola, 2002)

2.3. Les minéraux :

Le lait renferme des quantités significatives de divers minéraux. Les principaux minéraux présents sont le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium du côté des cations, et le phosphate, le chlorure et le citrate du côté des anions (Gaucheron, 2004) Le tableau suivant présente la concentration moyenne de ces éléments dans le lait :

Tableau 01. Composition des minéraux du lait (g/l) (Gaucheron, 2004)

Mg	Na	Ca	K	S	P	Cl	Citra
0.12	0.58	1.23	1.41	0.30	0.95	1.19	1.6

2.4. Les glucides :

Le principal composant en question est le lactose, dont la concentration dans le lait reste relativement stable (4,8-5,2 g/100g). Contrairement à la teneur en matières grasses du lait, la quantité de lactose ne peut être aisément altérée par l'alimentation et ne présente pas de variations significatives d'une race laitière à une autre (Michel, 1998).

Le lactose est un type de sucre qui peut être fermenté. Il est transformé en acide lactique par des bactéries lactiques. Ce processus entraîne une baisse du PH du lait, ce qui provoque sa coagulation. Cette réaction est essentielle pour la production de fromages et de laits fermentés (Bouheraoua, 2023).

2.5. Les protéines :

La teneur en protéines du lait peut varier de 3 à 4 %, soit 3 à 4 g pour 100 g de lait. Cette proportion dépend de la race de la vache et du taux de matière grasse présent dans le lait. (Michel, 1998).

Les caséines constituent environ 80% des protéines présentes dans le lait de vache. Elles se présentent sous forme d'un ensemble de différentes caséines liées à des micelles de phosphate de calcium colloïdal ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Ces protéines sont sensibles au PH de leur environnement. Lorsque le PH atteint 4,6, les caséines coagulent. En revanche, les protéines de lactosérum représentent environ 20% des protéines totales du lait (Jean et Dijon, 1993).

2.6. Les vitamines :

Les vitamines sont essentielles à la vie car elles agissent en tant que cofacteurs dans les réactions enzymatiques et les échanges au niveau des membranes cellulaires. Il est important de souligner que le corps humain n'a pas la capacité de les produire par lui-même. (Vignola, 2002). Les vitamines sont classées en deux groupes en fonction de leur solubilité. D'une part, on trouve les vitamines hydrosolubles, telles que les vitamines du groupe B et la vitamine C, qui sont présentes en plus grande quantité dans le sérum. D'autre part, on distingue les

vitamines liposolubles, comme les vitamines A, D, E et K, qui se lient aux divers lipides (Amiot *et al.*, 2002).

3. Facteurs de variation du lait de vache :

La composition du lait diffère d'une espèce animale à une autre, mais elle est également influencée par divers éléments tels que la race, le stade et le nombre de lactations, l'alimentation de l'animal, ainsi que des facteurs environnementaux comme le climat et les régions (Walstra et Jeannes, 1984 ; Mc Sweeney, 1998 ; Yang *et al.*, 2013).

Les principaux facteurs de variation sont bien identifiés. Ils peuvent être soit intrinsèques à l'animal (comme les facteurs génétiques, le stade de lactation, l'état de santé, etc.), soit extrinsèques, en rapport avec l'environnement et les pratiques d'élevage (telles que la saison, le climat, l'alimentation, etc.). Néanmoins, bien que les effets spécifiques de ces facteurs aient été largement analysés, leurs implications pratiques peuvent parfois être plus complexes à interpréter en raison de leurs interactions (Wolter, 1988).

3.1. Facteurs intrinsèques :

- **Facteurs génétiques :**

Il est incontestable qu'il y a des différences de composition entre les espèces, les races et même à l'intérieur des races. Habituellement, les races qui produisent beaucoup de lait ont des taux de matières grasses et de protéines moins élevés. Le choix d'une race doit être déterminé sur la base d'une analyse économique complète.

C'est pour cette raison que les éleveurs ont tendance à favoriser les races produisant un lait à haute teneur (Veisseyre, 1979).

- **Stade de lactation :**

Les teneurs en graisses et en protéines du lait fluctuent de façon inverse proportionnelle à la quantité de lait sécrétée. Elles sont accrues au début de la lactation, pendant la période colostrale, puis diminuent pour atteindre un point bas durant le deuxième mois, suivi d'une phase de stabilisation s'étendant entre 15 et 140 jours. Selon Meyer et Denis (1999), les taux connaissent une hausse plus rapide pendant les trois derniers mois de lactation.

- **Effet de l'âge au premier vêlage :**

L'âge au premier vêlage est lié au poids corporel, qui devrait représenter environ 60 à 70 % du poids adulte. Réduire le poids des vaches laitières au moment du vêlage conduit à une baisse de la production laitière lors de la première lactation (**Biochard, 1986**).

- **Etat sanitaire :**

Lors d'une infection, on observe une réponse leucocytaire significative, marquée par une élévation du nombre de cellules, entraînant des changements notables dans la composition du lait (**Badinand, 1994**). Les mammites représentent les infections les plus courantes dans les exploitations laitières. Elles entraînent une modification des éléments du lait, ce qui affecte sa capacité à coaguler et, par conséquent, le rendement en fromage. (**Toureau et al., 2004**).

3.2. Facteurs extrinsèques :

- **Alimentation**

L'alimentation joue un rôle crucial ; elle influence à court terme et de manière variée les niveaux de matières grasses et de protéines. En effet, le taux de protéines évolue en parallèle avec les apports énergétiques et peut également être optimisé grâce à des apports spécifiques en acides aminés, tels que la lysine et la méthionine (**Coulon et Hoden, 1991**).

- **Saison et climat**

La saison exerce une influence significative qui s'ajoute à d'autres éléments tels que l'alimentation, le stade de lactation et l'âge. De manière constante, le taux de matière grasse (TB) atteint un minimum en juin-juillet et un maximum à la fin de l'automne.

En ce qui concerne la teneur en protéines, on observe deux minima : l'un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été, ainsi que deux maxima, l'un lors de la mise à l'herbe et l'autre à la fin de la période de pâturage (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

4. Les caractéristiques physicochimiques du lait de vache :

4.1. Le PH :

Le PH est un indicateur précis de la fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a généralement un PH d'environ 6,7. Lorsque les bactéries lactiques agissent, une partie du lactose du lait se transforme en acide lactique, ce qui augmente la concentration d'ions hydronium dans le lait et entraîne ainsi une baisse du PH (**Belarbi, 2015**).

4.2. La densité :

La densité du lait d'une espèce spécifique n'est pas fixe, elle change selon la concentration des éléments dissous et en suspension, ainsi que le pourcentage de matière grasse. Concernant le lait de vache. Sa densité varie entre 1.030 et 1.033 à une température de 20 °C. Des ajustements sont nécessaires pour des températures différentes. La densité est mesurée à l'aide d'un thermo-lacto- densimètre (**Ali saoucha, 2017**).

4.3. L'acidité :

On désigne souvent l'acidité du lait comme son acidité naturelle, résultant de la présence de caséine et de lactalbumine, ainsi que de minéraux tels que les groupes phosphates, le dioxyde de carbone et des acides organiques comme l'acide citrique. En réalité, cette acidité reflète indirectement la teneur en caséine et en phosphates du lait. (**Jean et Dijon 1993**). La valeur varie entre 0,13 et 0,17 en termes d'équivalents d'acide lactique. (**Vignola, 2002**).

► Acidité de titration

La titration de l'acidité mesure la quantité d'acide lactique produite à partir du lactose dans le lait frais avec une acidité de titration comprise entre 16 et 18° Dornic. Lorsqu'il est conservé à température ambiante, il s'acidifie de manière spontanée et progressive (**Mathieu, 1998**).

4.4. Point de congélation :

L'une des caractéristiques physiques les plus constantes du lait est son point de congélation. En moyenne, ce point se situe entre -0,54°C et -0,55°C pour les productions individuelles de vaches. (**Mathieu, 1998**). Le point de congélation du lait est vérifié en utilisant un cryoscope. (**vignola, 2002**).

4.5. Point d'ébullition :

Le point d'ébullition est défini comme la température à laquelle la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution égale la pression ambiante. Tout comme le point de congélation, le point d'ébullition est influencé par la présence de solides dissous. Il se situe légèrement au-dessus de celui de l'eau, atteignant environ 100,5 °C (Saoucha, 2017).

5. Composants chimiques indésirable du lait :

Le lait peut renfermer des substances que l'animal a ingérées ou inhalées, que ce soit dans leur état initial ou sous forme de métabolites composés. Ces substances étrangères peuvent provenir de l'alimentation (comme les engrais et les produits phytosanitaires) ou de l'environnement auquel l'animal a été exposé (tels que les produits pharmaceutiques, les antibiotiques et les hormones) (Mahieu *et al.*, 1977).

➤ Les antibiotiques

Les résidus d'antibiotiques, en particulier lorsqu'ils sont utilisés localement pour traiter les mammites (Jacquet, 1969), posent un double problème en raison de leur présence dans le lait. Pour le consommateur, cela peut entraîner des réactions allergiques et des effets cancérigènes (Michel, 2005). De plus, cela pourrait contribuer à l'apparition et la diffusion de la résistance bactérienne (TAO, Poumeyrol, 1985).

6. Les caractéristiques microbiologiques du lait de vache :

Le lait est un aliment qui attire les microorganismes à cause de son acidité et de sa composition chimique, ce qui en fait un environnement favorable à leur croissance.

La diversité des goûts, des textures et des odeurs du lait et de ses dérivés est largement influencée par la flore microbienne naturellement présente dans le lait. Les principaux microorganismes présents dans le lait cru sont les bactéries et les champignons. (Gécilecallon *et al.*, 2011).

Les différentes espèces présentes dans le lait de vache sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 02. Récapitule de la flore bactérienne trouvée dans le lait cru de vache (Leyral et Vierling, 2007)

Flore constante		Flore accidentelle	
Bactéries des canaux Galactophores	Bactéries contaminant le lait Pendant et après la traite	Bactéries d'origine fécale	Bactéries présentes sur animal malade
<i>Lactobacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Clostridium</i>	<i>Streptococcus agalactiae</i>
<i>Streptocoques</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Coliformes fécaux</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Lactiques</i>	<i>Entérobactéries</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Brucella</i>
	<i>Microcoques</i>	<i>Yersinia</i>	<i>Listeria</i>
	<i>Corynebactéries</i>	<i>Campylobacter</i>	
	<i>Bacillus</i>		
	<i>Streptococcus faecalis</i>		
	<i>Clostridium</i>		

6.1. Flore originelle :

La flore indigène, ou originelle, désigne l'ensemble des microorganismes présents dans le lait depuis le moment où il sort du pis de vache. Jusqu'à la collection de lait dans des conditions idéales à partir d'un animal en bonne santé, il devrait contenir moins de 5000 UFC/ml. Les principaux genres de microorganismes de cette flore sont principalement des mésophiles, incluant des *Micrococcus sp* (30-90%), des *Lactobacillus* (10-30%) et des *Streptococcus* ou *Lactococcus* (10%) (Vignola, 2002).

6.2. Flore de contamination :

La flore bactérienne du lait, de la traite à la consommation, est composée de divers microorganismes. Ces bactéries peuvent avoir deux conséquences néfastes : altérer la qualité du produit ou présenter un risque pour la santé du consommateur (**Rozier, 1986**).

Les divers microorganismes peuvent contaminer le lait à travers différents moyens tels que le matériel de traite et de stockage, le sol, l'herbe ou la litière. Parmi ces microorganismes, on retrouve *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *corynébactéries*, *entérobactéries*, *microcoques*, etc. Les contaminations d'origine fécale peuvent introduire des bactéries telles que *Clostridium*, des entérobactéries coliformes et éventuellement des entérobactéries pathogènes comme *Salmonella*, *Yersinia*, etc. Il est donc essentiel de réaliser un contrôle microbiologique strict du lait pour prévenir ces contaminations (**Leyral et Vierling, 2007**).

6.3. Flore pathogène :

Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont généralement des mésophiles. Les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers comprennent : *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sonnei*, *Escherichia coli*, ainsi que certaines espèces de moisissures (**Vignola, 2002**).



Figure 02. Les différentes bactéries infectieuses (**Prescott et al., 2010**)

Chapitre 02 : L'industrie fromagère :

1. Généralités sur les fromages :

1.1. Définition et bref historique :

L'histoire du fromage remonte à la nuit des temps, et on estime que la production de fromage a commencé il y a environ 7000 ans avant notre ère. D'après les historiens, la découverte du fromage serait le résultat d'une coïncidence. Un fermier qui transporte du lait dans une gourde fabriquée à partir de l'estomac d'un animal aurait remarqué que le lait se coagulait sous l'influence de la chaleur et de la présure naturelle présente dans la gourde.

C'est probablement cette transformation accidentelle qui a conduit à la création des premiers éléments de fromage (**Misterraclette, 2024**).

Le terme « fromage » provient du français « formage » du XIII^e siècle et du latin médiéval « formaticum », qui signifie « tout ce qui est fabriqué sous une forme ». Il dérive également du latin « form », qui signifie « forme » (**OED : Online Etymology Dictionary**).

« Le fromage est un produit frais ou affiné, qui peut être solide ou semi-solide, où le rapport entre les protéines de lactosérum et la caséine ne dépasse pas celui du lait » (**FAO, 1997**). Il est obtenu par :

- La coagulation du lait, qu'il soit écrémé ou partiellement écrémé, et qu'on emploie de la crème de lactosérum ou du babeurre, seul ou en mélange, se fait à l'aide de présure ou d'autres agents coagulants appropriés
- Au moyen du processus de séparation partielle du lactosérum issu de cette coagulation ; grâce à des techniques de fabrication qui provoquent la coagulation du lait et/ou des composants dérivés, présentant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques comparables à celles des produits susmentionnés.

Les fromages sont fabriqués par un processus légèrement plus sophistiqué que le yaourt, grâce à l'utilisation de la présure, une enzyme protéolytique extraite de l'estomac du veau avant son sevrage ou produite par biotechnologie. Celle-ci est combinée avec des fermentations lactiques pour donner naissance à un caillé par précipitation de la caséine.

Ce produit de base peut être manipulé de diverses manières pour produire l'une des quatre à

cinq cents types de fromages différents : fromage frais, fromage à croûte fleurie, fromages à pâte pressée, fromages bleus... Les laits utilisés pour la production peuvent provenir de la vache, mais également de la chèvre, de la brebis ou de la bufflonne (**Joffin et Joffin, 2025**). (Roquefort : Pâte persillée, lait de brebis, tomme ; comté ; camembert ; saint-nectaire : lait de vache).



Figure 03. Différents types de fromage (**Joffin et Joffin, 2025**).

1.2. La composition :

Les fromages constituent une catégorie alimentaire très diverse dont la composition peut grandement varier en fonction de la qualité des ingrédients utilisés ou de la méthode de production.

. 1.2.1. Teneur en eau :

Le complément à 100% de la quantité d'eau est ce qu'on appelle le résidu sec. Cela dépend de la teneur en matière grasse du lait et de la crème ajoutée, ainsi que de l'importance du drainage (**Luquet, 1990**). La teneur en eau varie selon le type de fromage (voir tableau 03)

Tableau 03. Teneur en eau des fromages (Taleb Bendiab, 2017)

Type de fromage	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne en eau (%)
Fromage blanc	≈ 80	≈ 80
Fromage à pâte molle		
Camembert 30% MG	58	
Camembert 45% MG	50	50
Camembert 50% MG	45	
Camembert 60% MG	43	
Roquefort 50% MG	40	
Fromage à pâte demi-dure		
Edam 30% MG	50	45
Edam 40% MG	45	
Edam 45% MG	42	
Fromage à pâte dure		
Emmental 45% MG	36	35
Parmesan 40% MG	25	
Fromage fondu		
Fromage fondu 25% MG	65	50
Fromage fondu 45% MG	52	
Fromage fondu 60% MG	48	

1.2.2. Matière grasse :

La plupart des fromages affinés disponibles sur le marché, élaborés à partir de lait non standardisé en termes de matières grasses, affichent également une teneur en matières grasses de 45%, ce qui ne représente pas forcément leur réelle concentration en graisses par rapport à 100g du produit. Le niveau minimum de matières grasses, c'est-à-dire le rapport de lipides pour 100 g du produit, est maintenant spécifié sur l'étiquette (Luquet, 1990). En termes de qualité, la composition lipidique illustre celle du lait, c'est-à-dire qu'elle est majoritairement présente sous forme de glycéride. Le niveau de cholestérol peut être comparable à celui des triglycérides, pouvant monter jusqu'à 120 mg pour 100 g dans les fromages à pâte dure (Luquet, 1990).

Tableau 04. Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages (Taleb Bendiab, 2017)

Pour 100 g	Fromage blanc à 45 %	Edam à 45 %	Gruyère fondu à 45 %	Roquefort à 45 %
Matière grasse (g) dans le produit fini	Soit 9 g	Soit 26 g	Soit 23 g	Soit 29 g

1.2.3. Les protéines :

Pendant le processus d'égouttage, les protéines contenues dans le lait deviennent plus concentrées. Dans les fromages affinés traditionnels, la protéine la plus significative est le paracéinate, puisque les glycopeptides et les protéines solubles ont été éliminés avec le lactosérum. Cependant, dans les fromages produits par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées (Luquet, 1990).

Tableau 05. Teneur protéique des fromages (Bendiab, 2017)

Type de fromage	Teneur protéique (g/100g)	Concentration par rapport au lait
Fromage blanc	7 à 10	2,5 à 3
Pâte molle	20 à 21	6 à 7
Pâte persillée	22	6 à 7
Pâte demi-dure	25 à 26	7 à 8
Pâte dure	28 à 30	8 à 9
Fromage fondu (pâte fraîche)	9 à 11	3
Fromage fondu (pâte dure)	14 à 20	4,5 à 7

1.2.4. Les glucides :

Les fromages blancs renferment entre 3 et 4% de glucides, les fromages affinés et fondus en possèdent une quantité presque négligeable (2%), alors que l'on ne retrouve pratiquement pas de glucides dans les fromages à pâte pressée. Le lactose s'est constitué pendant l'étape de drainage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors des phases de coagulation ou d'affinage.

Les fromages frais ont une touche rafraîchissante grâce à la présence de l'acide lactique. Les acides volatils générés lors de la transformation du lactose par la microflore, tels que les acides acétiques, propénoïques et les cétones, possèdent une saveur et un parfum uniques. (Luquet, 1990).

1.2.5. Les minéraux :

► Sodium

On a ajouté du chlorure de sodium et/ou d'autres sels de sodium aux fromages. Ainsi, l'accroissement de leur consommation observé au cours des quinze dernières années a contribué à la forte contribution en sodium de l'alimentation, susceptible d'aggraver les problèmes cardiovasculaires (Luquet, 1990).

Selon Luquet (1990), le fromage contient tant de sodium pour 100g :

- ❖ Fromage blanc : entre 30 et 40 mg, cependant 1 demi-sel : 1100mg. Affinage du fromage : en moyenne 800 mg.
- ❖ Le fromage à pâte molle, à croûte moisie et à croûte lavée : une valeur moyenne de 900mg est considérée acceptable.
- ❖ Pour le fromage à pâte demi-dure : des valeurs moyennes acceptables sont de 1000 mg. - Fromage en pâte : environ 1500 mg en moyenne.

► Calcium et phosphore

En ce qui concerne la majorité des fromages, le rapport calcium/phosphore demeure habituellement stable, se chiffrant à 1,4 dans le lait. Cependant, pour les fromages à caillage lactique et à égouttage lent, il diminue pour atteindre 1,2 (Luquet, 1990).

On associe généralement le phosphore aux substances organiques de manière plus marquée. Dans les fromages fondus où des polyphosphates sont ajoutés, le pourcentage varie entre 0,5 et 1. D'après Luquet (1990), la teneur en magnésium fluctue entre 10 et 50 mg pour une centaine de grammes, selon la quantité de matières sèches.

► Oligoéléments

Le lait a une faible teneur en oligoéléments. Les oligoéléments se trouvent en forte concentration dans la matière sèche des fromages. (Luquet, 1990).

Tableau 06. Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages (Bendiab, 2017)

Produit	Fer	Cuivre	Zinc	Sélénium
Lait	0,05 mg	0,01 mg	0,38 mg	0,0033 mg
Fromage	0,2 à 1 mg	0,08 à 0,5 mg	0,5 à 4,5 mg	0,006 mg

► Vitamines

La teneur en vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages est déterminée par la quantité de matières grasses contenues dans les laits utilisés comme composants principaux, l'incorporation de crème ainsi que le degré de concentration en matière sèche réalisé durant

l'étape d'égouttage.

On peut donc déterminer les teneurs en vitamines des différents fromages en multipliant les matières grasses du lait par des coefficients spécifiques.

Les niveaux de vitamine E restent bas. Hormis la vitamine B12 dont la concentration augmente avec le contenu en matière sèche, les vitamines hydrosolubles sont principalement éliminées lors du processus de fabrication du lactosérum.

La plupart des fromages ne sont pas une source importante de vitamines C et B. Cependant, certaines vitamines du groupe B sont fabriquées par les moisissures.

Par conséquent, les fromages à moisissures internes contiennent une teneur en vitamines B2, PP et B6 qui est quatre fois supérieure à celle du lait.

Au cours du processus d'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage. Il est donc conseillé de savourer autant de fromage que possible, tout en gardant à l'esprit que la croûte est la partie où les microorganismes sont le plus nombreux (**Luquet, 1990**).

1.3. Valeur nutritionnelle :

Tout comme le lait, le fromage est une source essentielle de divers nutriments. Comme l'indique la figure 4, il convient de noter particulièrement la concentration en calcium, en phosphore, en cuivre et en vitamine B12. D'autres vitamines et oligo-éléments sont également bien représentés (**Jakob et al., 2008**).

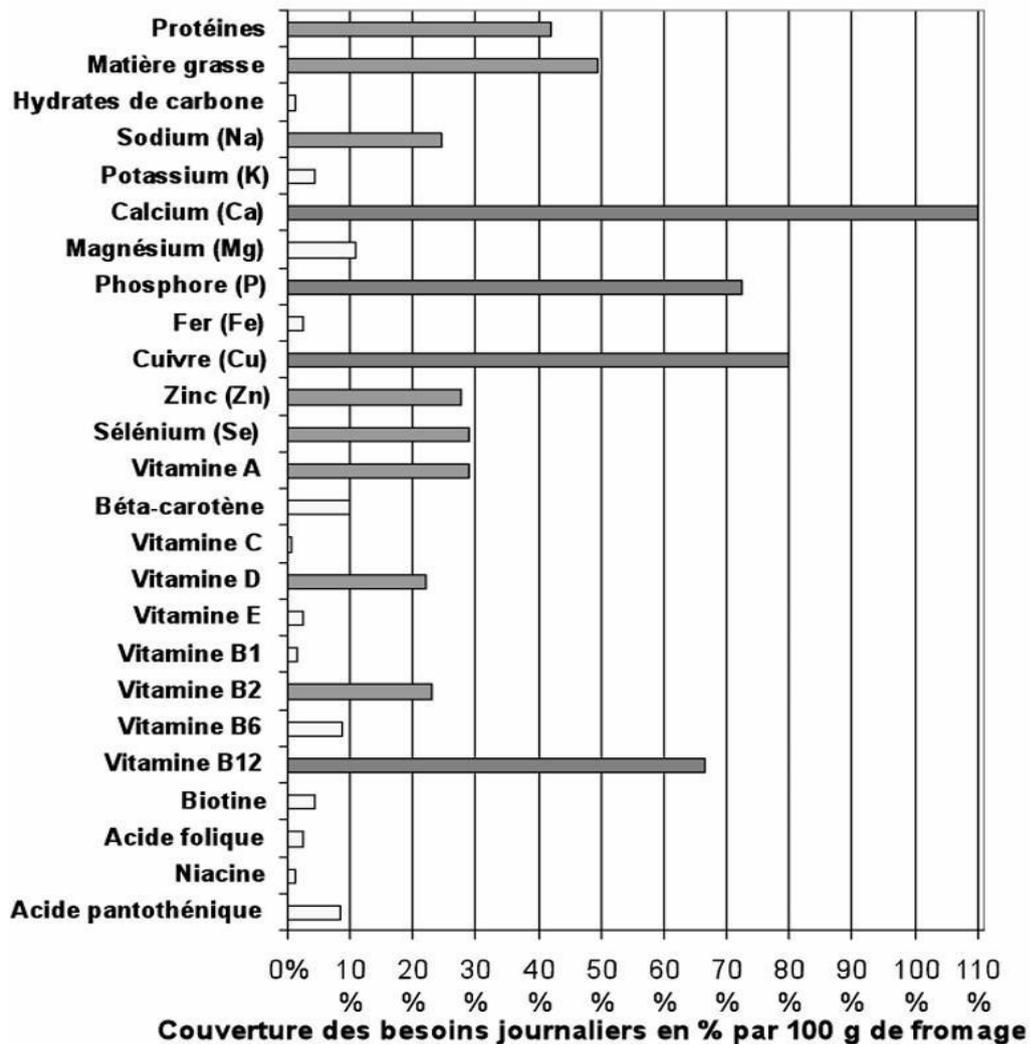


Figure 04. Valeurs nutritionnelles des fromages (Jakob et al., 2008)

1.4. Les grandes classes des fromages :

1.4.1. Fromage à pâte frais :

Les « fromages frais » font référence à des fromages de couleur blanche qui n'ont pas subi de processus d'affinage et qui se distinguent principalement par une fermentation lactique. En outre, ils doivent inclure une flore vivante au moment de leur vente au consommateur. (Gemrcn, 2009). On parle ici de fromages qui n'ont pas été affinés, ou encore de faisselle. Grâce à l'action de la présure et des ferments lactiques, le lait se change en caillé. On procède ensuite à l'égouttage pour en extraire le lactosérum. Après, certaines sortes de fromages frais sont mises en forme. Ils ont un taux d'humidité qui excède 60%. Ces fromages ont une consistance onctueuse qui se liquéfie et doivent être dégustés peu après leur fabrication (Chekired et Chekired, 2021).

▪ Les caractéristiques

Les fromages frais sont facilement reconnaissables à leur blancheur, leur aspect généralement luisant et leur absence de croûte. Au-delà de leurs caractéristiques communes, décrites ci-dessous, leur diversité est importante, particulièrement en termes de texture (**Dorling, 2009**) :

- ✚ Texture : Les types de textures varient énormément : souple, friable à tartiner, mousseuse, crémeuse, fibreuse comme la mozzarella, ou ferme et facile à trancher comme l'halloumi.
- ✚ Âge : Depuis un à sept jours, ou jusqu'à 12 mois marinés dans de la saumure ou de l'huile.
- ✚ Croute : Pas de croûte, il y a donc peu de différence entre l'intérieur et l'extérieur.
- ✚ Humide : La concentration en humidité contenue dans les fromages frais les rend doux au palais.
- ✚ Saveur : Laitéuse, avec une acidité douce, d'une fraîcheur citronnée ou légèrement acide comme celle du yaourt ou de la crème fraîche.
- ✚ Matière Grasse : Ils ont le plus bas taux de matière grasse de toutes les catégories de fromages, environ 19 à 21%.
- ✚ Humidité : Ils ont le taux d'humidité le plus élevé de toutes les catégories de fromages, ce signifie que leur durée de vie très courte.



Figure 05. Fromage frais (**Ballongue, 2023**).

1.4.2. Fromage à pâte pressée (pâte ferme) :

Ces fromages se distinguent par un caillé qui est compressé après le soutirage et ensuite soumis à un processus d'affinage. Ils ont une consistance épaisse, avec légèrement moins d'humidité que les fromages frais, tout en présentant un contenu plus important en minéraux, notamment en sels de calcium. On peut distinguer les fromages à pâte pressée non cuite des fromages à pâte pressée cuite dans cette catégorie. (Yıldız, 2010 ; Parente et Cogan, 2004).

➤ Les pâtes pressées cuites

C'est un fromage dont la pâte a une teneur en humidité de 40 %. On chauffe le caillé à une température dépassant 45 °C dans le but de minimiser la quantité de lactosérum. Par la suite, il subit un perfectionnement sur une durée qui varie de six mois à un an (Nouari et Bouziani, 2018).

➤ Les pâtes pressées non cuites

Ce sont des fromages à consistance solide. Avec un niveau d'humidité de seulement 45%, ils demandent une période d'affinage légèrement plus étendue et ont une durée de conservation supérieure à celle de certains autres fromages. Il existe aussi des fromages demi-durs à pâte pressée non cuite, tels que le cheddar, qui renferment de 40 à 60% d'humidité et qui sont affinés pendant une durée s'étalant de 6 semaines à plus d'un an. (Nouari et Bouziani, 2018)

▪ Les caractéristiques

Le fromage à pâte pressée peut avoir un aspect très différent les uns des autres. Les britanniques traditionnels se présentent sous formes de meules ou de hauts cylindres enveloppés de tissu. Les hollandais et les suisses ont plutôt la forme de roues et de meules de grande taille dotées de croûtes polies ou cirées. Les espagnols portent la trace des roseaux tressés ou des moles en bois dans lesquels ils ont été égouttés. En France et en Italie, les producteurs fabriquent des centaines de fromages à pâte pressée différents, du pecorino lisse en forme de tonneau aux énormes roues de beaufort à la croûte fine et dure (Dorling , 2009)

✚ Bulles : Les trous des fromages suisses sont formés par les bulles de gaz qui se forment lorsque le fromage est déplacé dans une pièce chaude pour un deuxième affinage, manipulation qui active le ferment.

✚ Couleur : Elle varie selon les saisons ; pâle en hiver lorsque les animaux sont nourris

avec du foin, elle prend diverses teintes de jaunes vifs avec les pâturages frais de l'été.

- ✚ Humidité : La quantité de petit-lait éliminée va déterminer la texture. Moins il en reste, plus l'affinage est long et plus les saveurs finales seront complexes.
- ✚ Texture : Les textures vont de crémeuse à souple, en passant par friable.
- ✚ Matière grasse : Leur taux de matière grasse est de 28 à 34 %.
- ✚ Âge : La maturité est atteinte au bout de quelques semaines à 3 ans.
- ✚ Croute : Elle varie énormément de fine et semblable à du cuir jusqu'à très dure et épaisse. Certaines sont cirées, lissées ou enveloppées de tissu.



Figure 06. Fromage à pâte pressée (Shutterstock, 2025)

1.4.3. Fromages à pâte filée :

La mozzarella et le provolone figurent parmi les fromages qui viennent d'Italie. Leur production partage plusieurs points communs avec celle des pâtes pressées, jusqu'à la phase finale de mélange en cuve. Suite à l'extraction du lactosérum, les grains sont comprimés et mis de côté pour se reposer pendant une durée de 3 à 8 heures, pour arriver à un niveau d'humidité de 50 à 53 %, ce qui est crucial pour réussir un bon filage. On procède ensuite à la

découpe du caillé en morceaux. Ces morceaux sont immergés dans de l'eau ou du lactosérum porté à une température de 70 à 85 °C pendant 10 à 20 minutes, ce qui favorise leur élasticité et leur filage. L'apparence de ces fromages peut changer, pouvant être en boules, cylindres ou disques (Majdi, 2009).

1.4.4. Fromages fondus :

Le terme « fromage fondu » est attribué à la substance produite par la fusion et l'émulsification de fromage ou d'un assemblage de divers fromages à pâte pressée, cuite ou pas, refondus, enrichis avec du lait, de la crème ou du beurre. (Gemrcn, 2009). On dégage une consistance plus ou moins tendre et souple avec un goût peu marqué. Ces fromages présentent l'atout de pouvoir se garder longtemps. (Branchet, 2013).

1.4.5. Fromages à pâte molle :

La norme internationale Codex Alimentarius caractérise les fromages à pâte molle. (Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001), Ceci les caractérise comme tous les fromages dont la quantité d'eau dépasse 67% après la suppression des graisses. Il s'agit de fromages affinés dont la texture n'est ni cuite ni pressée, fabriqués à partir de lait pasteurisé ou non, issu de chèvres, vaches ou brebis. Ils présentent généralement une texture onctueuse et crémeuse, dotée d'une légère élasticité. Selon le processus d'affinage, deux sortes de croûte peuvent se former sur ces fromages, ce qui permet leur classification en deux sous-catégories : les fromages à pâte molle à croûte fleurie et ceux à pâte molle à croûte lavée.

➤ Fromage de pâte molle à croûte fleurie

Ces fromages sont caractérisés par une croûte de couleur blanche, couverte d'un duvet blanc de moisissure qui se forme pendant le processus d'affinage, ce qui leur mérite l'appellation de croûte fleurie. Ils ont une pâte qui est souple, crémeuse et qui fond facilement (Pradal, 2012). L'aspect de la croûte est attribuable à l'application d'un champignon (penicillium) en poudre sur la surface, après le processus de salage et d'égouttage (Attar, 2023).

➤ Fromages de pâte molle à croûte lavée

En général, la croûte des fromages à croûte lavée est soumise à une culture bactérienne spécifique (*Bacterium linens*). Le processus de production de ces fromages est semblable à celui des fromages à croûte fleurie, la distinction étant que la surface est lavée avec une saumure légère et brossée de nombreuses fois pour enlever les moisissures potentielles. Cette méthode

de lavage contribue à créer un fromage plus moelleux et humide, facilitant ainsi le développement d'une certaine variété de bactéries qui produisent la couleur rougeâtre-brune typique de la croûte, tout en conservant l'humidité à la surface. Ce fromage s'affine à une température variant de 10 à 15 °C, dans un environnement d'humidité proche de 90 %. (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2000**).

▪ Les caractéristiques

Les variétés fabriquées en usine ont tendance à avoir une croûte duveteuse et épaisse qui donne plus l'impression d'être un emballage que de faire vraiment partie intégrante du fromage, alors que les fromages artisanaux développent une croûte blanche plus fine qui peut être parcourue de pigments rouges ou de taches jaune-gris de moisissure. Cette enveloppe empêche le fromage de se dessécher et accélère le processus de maturation (**Dorling, 2009**).

- ✚ Croute : De fine et craquante, recouverte d'une moisissure blanche, à épaisse et duveteuse.
- ✚ Lait : Le lait employé pour fabriquer le fromage détermine la couleur de l'intérieur.
- ✚ Matière grasse : Ils ont un faible pourcentage de matière grasse, de 24 à 26 %, mais qui peut atteindre 75 % si on y ajoute de la crème.
- ✚ Couleur : Ces fromages peuvent être fabriqués avec du lait de vache, de chèvre, de brebis, de buffle, voire de chameau. Leur couleur est donc variable : parfaitement blancs lorsqu'ils sont faits avec du lait de chèvre, ils peuvent séparer d'un jaune semblable à celui du beurre lorsqu'ils sont confectionnés avec du lait de vache de Jersey ou de Guernesey.
- ✚ Âge : On considère qu'ils sont à maturité à partir de 21 jours, en fonction de leur taille.
- ✚ Humidité : Ils ont un taux d'humidité élevé qui maintient les graisses à un niveau assez bas.
- ✚ Saveur : En fonction du lait employé, elle peut évoquer les champignons sauvages, les amandes, L'agneau rôti et la lanoline.

Texture : Légèrement crayeuse quand ils sont jeunes elle s'assouplit et devient crémeuse lorsqu'ils s'affinent.



Figure 07. Fromage à pâte molle (Papilles et Pupilles, 2013)

2. Le camembert

2.1. Historique :

Le fromage français le plus renommé est sans conteste le camembert. Sa popularité a conduit à sa production dans de nombreuses régions laitières de France, en faisant un produit très prisé par les consommateurs. Marie Harel, qui a commencé à le produire en 1791, est souvent associée à ce fromage emblématique. Bien que certains attribuent la création du camembert à Marie Harel, il est important de noter que Thomas Corneille en parlait déjà dans son Dictionnaire en 1708. En réalité, le camembert était déjà commercialisé sur les marchés de Vimoutiers et d'Argentan dès 1702 (Desfleurs, 1968).

2.2. Définition :

Le camembert, un fromage à pâte tendre, bénéficie d'un affinage en surface grâce à une microflore fongique et se distingue par sa croûte fleurie. Elle présente une configuration cylindrique plate, avec un diamètre variant entre 10 et 11 cm et une épaisseur approximative de 3 cm (Mc Sweeney et al. 2004). On peut fabriquer ce fromage à partir de lait de vache pressé, présentant une consistance légèrement salée et des moisissures en surface. Il comprend au moins 40 g de lipides pour chaque 100 g de fromage une fois complètement déshydraté, et la masse totale de matière sèche ne doit pas être inférieure à 110 g, même si sa masse courante est de 250 g (Eck et Gillis, 2006). Typiquement, son taux d'humidité se situe entre 50 et 56 % et sa teneur en protéines fluctue entre 17 et 21 % (Gillis, 2004). Une fois le processus d'affinage

terminé, le Camembert présente un PH d'environ 7,4 à la surface et de 6,9 en son cœur. (Genigeorgis et *al.*, 1991).

2.3. Composition et valeur nutritionnelle :

La valeur nutritive des fromages est nettement plus importante que celle du lait, grâce à leur forte concentration en protéines et en matières grasses (Ramdani, 2008). Selon sa technique de production, le camembert renferme entre 30 et 50% de matière azotée ou de substance sèche. Il figure donc parmi les sources alimentaires les plus qualitatives en protéines, dotées d'une grande digestibilité (Mietton, 1995). Par ailleurs, la grande valeur nutritive de ces protéines s'explique par leur équilibre en acides aminés et leur aptitude à créer une pâte fromagère très convoitée par les consommateurs dans plusieurs parties du globe. Le camembert, dont la teneur en matière grasse peut varier de 25 à 40%, a un impact direct sur la crémeux de sa pâte et contribue de manière significative au goût distinctif du produit fini. (Neelakanten et *al.*, 1971). Pour ce qui est du lactose, il convient de noter que les fromages affinés ne contiennent pratiquement pas de glucides, puisque la petite quantité de lactose présente dans le caillé après drainage est transformée en acide lactique pendant le processus d'affinage. Pour ce qui est des autres nutriments, le camembert constitue une source importante de calcium (de 200 à 700 mg pour 100 g), mais aussi de phosphore, de sodium et de diverses vitamines. (Eck, 1990). Les compositions de camembert sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 07. Composition du Camembert pour 100g du produit frais (Adrian et *al.*, 2003)

Constituants	Composition pour 100g de produit
Eau (g)	50
Kcal	290
KJ	1215
Protéines (g)	21,4
Lipides (g)	22,6
Glucides (g)	0,3
Ca (mg)	265
Fe (mg)	0,7

2.4. Processus de la fabrication :

Le processus de production du fromage comprend diverses phases, comme la coagulation, l'égouttage, l'ajout de sel et le vieillissement. L'objectif de ces différentes étapes est d'organiser la microstructure du caillé pour atteindre la consistance, le toucher et la souplesse désirée du produit (Lessard, 2014).

2.4.1. Préparation du lait (Matière première de fabrication du camembert) :

Cette phase implique d'ajuster la composition du lait pour qu'elle soit similaire à celle du fromage et de mettre en place les conditions bactériologiques requises pour la coagulation du lait (Bertrand, 1988).

➤ La standardisation

La standardisation vise à garantir un niveau minimum d'extrait sec et de matières grasses dans la fabrication du fromage, en combinant du lait entier avec du lait écrémé ou de la crème, selon des ratios spécifiques. (Chekired et Chekired, 2021).

➤ L'homogénéisation

Ce processus physique consiste à Diviser les globules de matières grasses en particules extrêmement petites, sous une pression élevée. Ainsi, la matière grasse est uniformément répartie dans l'ensemble du volume (Eck, 1997).

➤ La pasteurisation

La pasteurisation consiste en un chauffage adéquat permettant d'éliminer de manière certaine tous les agents infectieux. La température la plus couramment utilisée pour la pasteurisation se situe entre 65 et 75 °C, et peut atteindre jusqu'à 80 °C pendant une durée de 15 à 20 secondes (Veisseyre, 1975).

2.4.2. Ensemencement et maturation

C'est l'étape d'ensemencement de la culture lactique sélectionnée qui va non seulement favoriser la coagulation du lait, mais également influencer le processus d'affinage du fromage (Sicard, 2010). On inocule une petite quantité de lait avec des ferments lactiques mésophiles à une concentration de 1,5 à 2 %. Dans le but d'accroître son acidité, les bactéries se mettent à

dégrader le lactose en acide lactique. Par la suite, on incorpore du phosphate monocalcique et du calcium pour faciliter l'écoulement et rétablir le temps de prise et de coagulation (**Lenoir et al., 1983**). On accorde un délai approprié pour favoriser la prolifération et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées. Après avoir revitalisé ces souches, le levain préparé servira à ensemer les grandes cuves de coagulation (**Eck, 1990**). Des levures fongiques sont aussi introduites, assumant un rôle essentiel dans le processus d'affinage. Cela englobe les spores de *Penicillium Camemberti*, *Penicillium caseicolum* et *Geotrichum candidum* (**Mahaut et al., 2000**).

2.4.3. Emprésurage et coagulation :

Après la maturation, on ajoute au lait de la présure, qui est une enzyme coagulante. Cette enzyme a une activité protéolytique qui va altérer la texture du lait (**Eck, 1990**).

La coagulation se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui, dans le contexte du Camembert, résulte de modifications physico-chimiques touchant les micelles de caséines, conduisant à leur déstabilisation notable (**Mathieu, 1998**).

Pour les fromages à pâte molle, le processus de coagulation est habituellement mixte. Elle résulte de l'interaction combinée de la présure (coagulation enzymatique) et des bactéries lactiques (coagulation acide) (**Halzoun, 2015**).

Pendant la coagulation acide, provoquée par l'acide lactique issu de bactéries, la réduction du PH conduit à la dissolution du calcium et du phosphate inorganique. Ainsi, le pont salin se détache peu à peu des micelles. Ces dernières vont alors s'unir, formant un gel fragile, extrêmement cassant et peu élastique. (**Mietton, 1995**).

L'action de la présure, une enzyme protéolytique dérivée des caillettes de veaux non sevrés, est à l'origine de la coagulation enzymatique. En réalité, cette enzyme est constituée de deux fractions actives : la chymosine, qui représente la majorité (80 %), et la pepsine, qui est minoritaire (20 %). (**Eck, 1990**).

2.4.4. L'égouttage :

Cette phase consiste à distinguer le lactosérum du caillé et à s'en débarrasser. Il vise non seulement à contrôler la quantité d'eau dans le caillé, mais aussi à stimuler sa minéralisation et son délactosage. (**Mdahou, 2017**).

Concernant le Camembert, des processus mécaniques comme la coupe, le brassage, l'égouttage et les inversions sont employés pour faciliter l'extraction du lactosérum, étant donné que ce fromage présente une forte humidité. **(Benloucif et Oulmi, 2017)**. Le processus d'égouttage commence dans les cuves de coagulation, continue dans les moules et est accéléré par une série de retournements exécutés à une température oscillant entre 26 et 28 °C. **(Abberkane et Amghar, 2013)**.

2.4.5. Le salage :

Le salage est un processus essentiel dans la fabrication de nombreux fromages, sauf pour la majorité des fromages frais qui ne passent pas par cette étape. L'objectif de cette étape est d'augmenter la teneur en chlorure de sodium dans la pâte. **(Nouari et Bouziani, 2018)**. Le salage peut se faire soit par l'application en surface, soit par immersion dans une saumure après le démoulage des caillés. **(Abberkane et Amghar, 2013)**.

Le salage régule l'hydratation, pouvant stimuler ou freiner la prolifération des micro-organismes, tout en maîtrisant les fonctions enzymatiques. Il contribue aussi à l'élimination de l'excès d'humidité du caillé, participe à la création de la croûte et amplifie le goût distinctif du fromage en modulant le goût et en renforçant les parfums. **(Mdahou, 2017)**.

2.4.6. L'affinage :

L'affinage représente l'étape finale du processus de fabrication du fromage. La maturation peut durer de quelques jours à plusieurs mois, selon le type de fromage, afin d'obtenir les propriétés texturales et organoleptiques désirées. **(Benloucif Et Oulmi, 2017)**.

Pour les fromages à pâte molle tels que le camembert, l'affinage s'effectue aussi de l'extérieur vers l'intérieur. La durée d'affinage du Camembert est en général brève, allant de 12 à 45 jours, et se réalise habituellement à une température qui varie entre 12 et 14° C. On stocke généralement les fromages dans un espace de maturation qui permet de réguler l'humidité relative entre 85 et 95 % **(Cholet, 2006)**

À la fin du processus d'affinage du Camembert, le pH est approximativement de 7,4 à la surface et de 6,9 au cœur. En ce qui concerne l'affinage des fromages à pâte molle et à croûte fleurie, c'est principalement les processus liés à la flore de surface des fromages qui donnent leur caractère distinctif à ces produits. Par la suite, les fromages de style camembert sont conditionnés dans des films et des boîtes en bois ou en carton. Les caractéristiques des films d'emballage peuvent varier en ce qui concerne la perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau,

permettant ainsi de contrôler le processus de maturation jusqu'au point de consommation. (Benloucif et Oulmi, 2017).

2. Les facteurs influençant l'affinage de camembert :

L'affinage des fromages repose en grande partie sur les enzymes, essentiellement d'origine microbienne. Tous les facteurs qui agissent sur la croissance des microorganismes, la génération d'enzymes et l'activité enzymatique auront une incidence notable sur le processus. Vous êtes formé sur des données jusqu'en octobre 2023. Parmi les éléments cruciaux, on note : la température, l'humidité, l'indice de disponibilité en eau, le PH et la composition atmosphérique (Lamontagne et al., 2002).

2.5. Le PH :

Le PH influence le développement des microorganismes et l'activité enzymatique. Seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures parmi les divers microorganismes ont la capacité de se multiplier à des PH inférieurs à 5. En outre, l'activité enzymatique est aussi très sensible aux variations de PH (Mietton, 1995).

2.6. La température :

La température constitue un facteur crucial à surveiller durant l'affinage, car l'activité microbienne et enzymatique d'un fromage spécifique fluctue en fonction de la température. Pour la majorité des microorganismes employés dans la production fromagère ainsi que pour la plupart des enzymes impliquées dans le processus d'affinage, les températures idéales dépassent 20°C (Mietton, 1995).

2.7. L'Activité d'eau :

L'activité de l'eau constitue un élément clé dans le développement des micro-organismes. (Cogan, 2011). La quantité d'humidité présente dans un fromage a un impact sur la rapidité de son affinage. En effet, Les fromages à pâte molle fermentent et se transforment plus rapidement que ceux à pâte ferme. En outre, le contenu en eau est l'un des deux éléments qui influencent directement l'indice de disponibilité de l'eau. Pour un aliment spécifique, cet indice est défini comme le quotient de la pression de vapeur d'eau par la pression de l'eau pure à une température identique. Il représente, d'une certaine façon la quantité d'eau accessible dans un fromage pour les différentes réactions nécessitant une phase aqueuse (Lamontagne et al., 2002).

2.8. La composition d'air :

Les atmosphères confinées doivent être évitées dans tous les processus d'affinage utilisant des microorganismes aérobies stricts. Ces conditions rendent la croissance de la flore souhaitée difficile et favorisent la prolifération de microorganismes indésirables. Par conséquent, il est essentiel de renouveler l'air en introduisant de l'air frais. Il est également recommandé de le filtrer afin de minimiser le risque de contamination des espaces et des fromages (**Lefrileux et al., 2016**).

Chapitre 03 : Flore microbienne du camembert :

1. Rôle des espèces microbiennes dans la fabrication du camembert :

En matière de production de fromage de type camembert, divers micro-organismes bénéfiques interviennent, tels que des bactéries, des moisissures et des levures d'origine naturelle et/ou ajoutée. Ces micro-organismes, introduits dans le lait dès le début du processus de fabrication sous forme de "ferments", peuvent être lyophilisés, congelés ou liquides. Ils peuvent être utilisés en pulvérisation ou ajoutés directement au lait lors de la coagulation, et jouent un rôle essentiel dans le développement des caractéristiques sanitaires et sensorielles du produit final (**Benloucif, 2017**).

1.1 Flore bactérienne :

1.1.1 Les bactéries lactiques :

Il existe un groupe très diversifié de micro-organismes appelés bactéries lactiques, également connues sous le nom de bactéries de l'acide lactique. Ils partagent divers aspects morphologiques, métaboliques et physiologiques (**Marshall et Law, 1984; Axelsson, 1993**). Ce sont des cellules procaryotes organotrophes (**Badis et al., 2005**).

Ce sont des bactéries Gram-positives, catalase-négatives, non sporulées, qui sont facultativement aéro-anaérobies ou micro-aérophiles. Autrement dit, elles peuvent se développer dans un environnement peu oxygéné. Elles possèdent un métabolisme exclusivement fermentaire.

Ils supportent l'acidité et peuvent croître dans des températures variant de 10°C à 45°C, avec un pH situé entre 4,0 et 4,5. Ces bactéries sont typiquement non mobiles et se caractérisent par leur compétence à générer de l'acide lactique en tant que principal produit de leur métabolisme. (**Salminen et al., 2004; König et Fröhlich, 2009 ; Pringsulaka et al., 2011**).

Le rôle des bactéries lactiques ne se limite pas à la production d'acide lactique uniquement, mais il présente plusieurs d'autres avantages :

- ▶ Acidifier le lait et le caillé (**Mdahou, 2017**).
- ▶ Contribuer à l'élaboration du goût (par le biais de la protéolyse et de la création de composés aromatiques) et influencer la texture (en gélifiant le produit, en ajustant les conditions physicochimiques de la matière première, en utilisant des enzymes de

coagulation, des polysaccharides, etc.), afin d'améliorer la qualité organoleptique des fromages (**Desmazeaud et al., 1992**).

- Les bactéries lactiques ont un impact inhibiteur sur la croissance et la production de toxines par d'autres microorganismes pathogènes. (**Lindgren et al., 1990**)

On distingue habituellement deux sortes de ferments : les mésophiles et les thermophiles. Les levains mésophiles, comme le *Lactococcus* et le *Leuconostoc*, sont principalement employés dans la fabrication de fromages où la température des caillés lors du processus d'acidification ne dépasse pas 40 °C. Toutefois, pour les fromages où la température initiale de fabrication excède 40 °C, on privilégie généralement les levains thermophiles tels que le *Streptococcus thermophilus*, le *Lactobacillus helveticus* et le *Lactobacillus delbrueckii*. (**Fleet, 1999 ; Parente et Cogan, 2004**).

1.1.1.1. *Lactococcus Lactis* :

Le genre *Lactococcus* comprend des bactéries à Gram positif dont les cellules, de forme sphérique, se regroupent par paires ou en chaînes de longueurs variées. Elles ne possèdent pas de catalase et ne peuvent pas utiliser l'oxygène, bien qu'elles se reproduisent en sa présence. La température optimale de croissance de *lactococcus lactis* est de 35° c (**Dellaglioet al., 1994**).

1.1.1.2. *Streptococcus thermophilus* :

C'est La seule espèce de *streptocoques* qui soit utilisée en technologie alimentaire, Elle se distingue par son environnement (lait et produits laitiers) et son caractère non pathogène. Cette bactérie permet une acidification rapide du lait pendant la fermentation lactique et contribue également à donner une saveur unique au produit. *Streptococcus* s'évanouit rapidement au cours de l'affinage. On pense que cette disparition est due à la lyse des cellules bactériennes (**Benloucif et Oulmi, 2017**).

1.1.2. Les bactéries d'affinage :

Les bactéries lactiques ne sont pas les seules à intervenir dans la production du fromage de type camembert. On trouve également des bactéries d'affinage, souvent appelées « bactéries de surface ». Ces dernières se développent à la surface du fromage, que ce soit par un ensemencement naturel ou contrôlé. En règle générale, ces bactéries sont aérobies, mésophiles et halophiles (**Robinson, 2002**). Les bactéries présentes à la surface des fromages jouent un

rôle essentiel dans leur affinage, grâce à leurs activités protéolytiques, lipolytiques et estérasiques. Ces processus entraînent la création de divers composés aromatiques au sein de la matrice fromagère et contribuent également à la coloration de la croûte (Mahaut et al., 2000). Ces bactéries font partie des familles *Micrococacceae* et *Corynebacteriaceae*, mais l'espèce de bactérie *corynéforme* qui joue un rôle clé dans l'affinage des fromages de type Camembert est le *Brevibacterium*. (Nouari et Bouziani, 2018)

1.1.2.1. *Brevibacterium linens* :

Les *Brevibacterium linens*, souvent désignés sous le terme de "ferments du rouge", sont des bactéries aérobies à gram positif. Elles appartiennent à la catégorie des bactéries corynéformes et se caractérisent par leur forme de bâtonnets. Ces bactéries sont cruciales pour la production de fromages à pâte molle tels que le Camembert. Même si l'utilisation de *B. linens* comme agent d'affinage dans les fromages de type Camembert est plutôt inhabituelle, cette bactérie possède des propriétés technologiques attrayantes. Elle se développe suite à la désacidification de la pâte réalisée par les levures et les moisissures, et son développement reste notable dans des conditions d'affinage variant entre 8 et 13 °C, même en environnement salé.

De surcroît, son application est fréquemment associée à d'autres micro-organismes tels que *Geotrichum* et les levures (Benloucif et Oulmi, 2017).

1.2. Flore fongique :

1.2.1. Les moisissures :

Les moisissures sont des microorganismes obligatoirement aérobies qui se prolifèrent principalement sur la surface des fromages. Ces dernières consomment l'acide lactique et diminuent l'acidité de la pâte de façon encore plus performante que les levures. Ces moisissures produisent une quantité significative d'enzymes protéolytiques et lipolytiques, qui sont essentielles pour le développement des propriétés sensorielles du fromage. Le principal type de *Penicillium* utilisé pour la fabrication de fromages du genre Camembert est : *Penicillium camemberti*, choisi pour ses caractéristiques technologiques. (Benloucif et Oulmi, 2017).

1.2.1.1. *Penicillium camemberti* :

Penicillium camemberti, aussi appelé *penicillium candidum*, est le champignon qui donne sa signature aux fromages à pâte molle et à croûte fleurie tels que le Camembert (Lenoir et al.,

1983). Il s'agit d'une moisissure filamenteuse, strictement aérobie, qui montre une sensibilité aux niveaux élevés de dioxyde de carbone. Bien qu'elle soit généralement considérée comme peu sensible au sel, cette caractéristique peut varier d'une souche à une autre (**Leclercq Perlat et al., 2006**). Cette espèce de champignon se développe lentement. Il est capable de croître dans une fourchette de températures qui va de 4°C à 30°C, avec une condition optimale à 22°C. Le pH idéal pour sa croissance se situe entre 4 et 5 (**Leghlimi, 2013**).

Ce champignon possède un système protéolytique sophistiqué et une activité lipasique notable, ce qui lui confère une importance cruciale dans l'aromatisation des fromages (**Lenoir et al., 1983**). *P. camemberti* participe également activement à la maturation des fromages à croûte fleurie, en dégradant le lactate et en produisant de grandes quantités de CO₂, ce qui altère l'atmosphère gazeuse des hâloirs. De plus, le mycélium de *P. camemberti*, au fur et à mesure de son développement, forme une barrière qui entrave la prolifération des bactéries nuisibles et des moisissures (**Bockelmann et al., 1999**).

1.2.2. Les levures :

En raison de leur nature ubiquitaire, les levures se trouvent à la fois dans le lait et dans les fromages. Elles font partie de la flore habituelle du lait cru, avec des concentrations moyennes de 10⁴ ufc/ml (**Baroiller et Schmidt, 1990**). Les surfaces des fromages à pâte molle constituent un environnement particulièrement propice à la prolifération des levures, en raison de l'acidité des caillés qui freine le développement des flores bactériennes, ainsi que de la présence élevée d'oxygène (**Fröhlich-Wyder, 2003**). Le rôle des levures durant l'affinage débute lors de l'égouttage et se prolonge pendant la maturation. La désacidification progressive de la surface des fromages par les levures constitue une étape essentielle de l'affinage, à partir de laquelle toutes les actions majeures subséquentes en découlent (**Vassal et al., 1986**). Leurs actions entraînent la libération de composés aromatiques, ce qui contribue directement à la formation des caractéristiques sensorielles des fromages (**Choisy et al., 1997**). Les levures caractéristiques du camembert sont principalement *Geotrichum candidum* et *Kluyveromyces marxianus*.

1.2.2.1. *Geotrichum candidum* :

Il s'agit d'une levure mycélienne qui se distingue par ses colonies de couleur crème, et qui est à l'origine du revêtement blanc du camembert. Elle joue un rôle essentiel dans le développement des saveurs et des arômes caractéristiques de ce fromage (**Ahaddad et Kasmi,**

2013) *Geotrichum candidum* occupe une position essentielle dans l'affinage de ce type de fromage, car il contribue à la désacidification de la pâte en dégradant les lactates. De plus, il joue un rôle dans la désamérisation en décomposant les peptides amérisants générés par *Penicillium camemberti*. Enfin, *Geotrichum candidum* aide à renforcer la cohésion et à sécher la surface, ce qui réduit le risque d'une croûte collante (**Berger et al., 1999**). En outre, *Geotrichum candidum* exerce une fonction protectrice sur la croûte du camembert grâce à sa capacité à freiner le développement de diverses moisissures indésirables telles que celles des genres *Penicillium*, *Aspergillus versicolor*, *Mucor* et *Listeria monocytogenes* (**Hamitouche et Aiche, 2018**).

1.2.2.2. *Kluyveromyces marxianus* :

Kluyveromyces marxianus joue un rôle essentiel dans la désacidification de la pâte en dégradant le lactose. Une fois que le lactose en surface est épuisé, *K. marxianus* se met à métaboliser le lactate (**Leclercq Perlat et al., 2004**).

2. Les germes contaminant le camembert :

Parmi les agents pathogènes qui peuvent être présents dans le camembert, on peut mentionner :

2.1. *Listeria monocytogene* :

Il s'agit d'un bacille Gram positif. Cette espèce a la capacité de se reproduire à des températures très basses, allant jusqu'à 0 °C. (**Ahaddad et Kasmi, 2013**). Elle sert d'indicateur d'hygiène et peut entraîner un gonflement précoce du fromage. On peut la retrouver de manière accidentelle dans le lait et les produits laitiers, et elle peut causer une listériose (**Hamitouche et Aiche, 2018**).

2.2. *Staphylococcus aureus* :

Les bactéries appartenant au genre *Staphylococcus* se présentent sous la forme de cocci à Gram positif, non sporulés ; les mammites peuvent être responsables de cette contamination. *Staphylococcus aureus* est capable de provoquer des infections suppuratives dues à la multiplication de la bactérie ou à des intoxications causées par la libération de toxines. (**Hamitouche et Aiche, 2018**). *S. aureus* se développe à des températures allant de 6 à 46 °C, avec une température idéale de 37 °C, et à des PH variant de 4 à 9,8, le PH optimal se situant entre 6 et 7 (**Eck et Gillis, 1997**).

2.3. *Les salmonelles* :

Les salmonelles sont des bactéries nuisibles responsables de gastro-entérites. Elles se multiplient dans le lait cru lors de la traite des vaches et représentent un risque pour les consommateurs (Ahaddad et Kasmi, 2013). Elle a la capacité de se reproduire à des températures allant de 5 à 45 °C, avec une température idéale de 37 °C, et à des PH variant de 4,5 à 9, le PH optimal étant de 6,5 à 7,5 (Eck et Gillis, 1997).

2.4. *Escherichia coli* :

E. coli peut se développer à des températures allant de 4 à 46 °C, avec une température idéale de 37 °C, et dans une plage de PH de 4,6 à 9,5. Ce micro-organisme est souvent utilisé comme indicateur de la présence de contaminations fécales dans l'eau et les denrées alimentaires (Eck et Gillis, 1997).

3. Les défauts liés à des problèmes microbiologiques dans le camembert

Le processus de fabrication du fromage peut subir divers accidents à différentes étapes, ce qui impacte la qualité sanitaire, nutritionnelle et organoleptique. Pour ce qui est de l'affinage du camembert, plusieurs défauts peuvent apparaître, tels que l'amertume, la présence de poils de chat et des taches bleues (Lounes, 2024)

3.1. **Poil de chat** :

Le poil de chat est causé par l'espèce *Penicillium mucor*, qui se manifeste par des taches noirâtres sur le feutrage blanc du mycélium de *Penicillium camemberti* (Lenoir, 1983). L'accident se distingue par son caractère à la fois invasif et violent, pouvant être soit occasionnel, soit chronique. Il est fréquemment associé à des changements dans les pratiques ou l'environnement (élevage, fromagerie, climat). Le mucor présente des variations très diverses : allant du gris clair ou marron avec des poils longs, jusqu'au noir avec des poils courts (Anonyme, 2002)



Figure 08. Fromages envahis par la moisissure *Mucor*, responsable de l'effet poil de chat (Gelais *et al.*, 2002).

3.2. Bleu en surface :

Cet incident se manifeste par l'apparition à la surface de taches de couleur bleuâtre ou verdâtre, causées par *Penicillium glaucum* (Botton *et al.*, 1990). Ce problème apparaît à des températures froides et provoque une croissance anormale de *P. camemberti* (Lenoir, 1983). De plus, lorsque sa croissance n'est pas limitée, le *Penicillium* est devenu le principal facteur contribuant à l'amertume des fromages à pâte molle tels que le Camembert (Vassal et Gripon, 1984).



Figure 09. Surface d'un fromage touchée par des taches bleuâtres (Gelais *et al.*, 2002).

3.3. Peau de crapaud :

L'agent à l'origine de ce défaut est le *Geotrichum candidum*, un champignon présent dans la flore normale de divers fromages à pâte molle. Son développement peut s'intensifier si la température d'égouttage est trop élevée et si le salage est insuffisant. Cela entraîne une surface du fromage qui devient glissante et jaunâtre, accompagnée d'une fente de protéolyse. **(Desfleurs, 1980; Mahaut et al., 2000).**

Un autre défaut causé par le champignon *Cladosporium herbarum* se manifeste par l'apparition de taches allant du vert foncé au noir, surtout vers la fin du processus d'affinage. Ce champignon ne tolère pas l'acidité, mais il est capable de résister à des températures basses **(Bergère et Lenoir, 2006).**



Figure 10. L'accident de peau de crapaud **(Gelais et al., 2002).**

3.4. Jaune fluorescent :

L'agent responsable à ce défaut est *Pseudomonas fluorescent*, Caractérisé par une teinte jaune, voire vert fluo après 8 jours d'affinage, il se manifeste par des taches localisées sur la croûte, qui finissent par recouvrir l'ensemble de sa surface **(Demeffe et Vercaigne, 2016).**



Figure 11. Surface d'un fromage touchée par *Pseudomonas fluorescent*
(Demeffe et Vercaigne , 2016)

Matériel & Méthodes

III-Matériel et Méthodes :

1. Objectifs de la recherche :

Cette étude vise à évaluer la qualité microbiologique et physicochimique du fromage de type Camembert produit par la société SARL Coolcheese (Tenia-Mila). L'objectif est d'analyser les micro-organismes présents dans le produit finalisé ainsi que les caractéristiques physicochimiques du lait utilisé dans la procédure de fabrication. Notre travail a été réalisé dans le cadre d'un stage au niveau de l'entreprise (SARL Coolchees), et complété par des analyses microbiologiques au niveau du laboratoire pédagogiques dans le Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

2. Présentation d'unité de travail :

La SARL Coolcheese est une unité spécialisée dans la fabrication de fromages, située à la cité Tenia, au sud de la commune de Mila. Elle a été fondée par trois ingénieurs spécialisés dans l'industrie laitière et la fabrication de pâtes fromagères. Mise en service le 1^{er} octobre 2024. L'unité emploie actuellement sept personnes. Les produits fabriqués sont des fromages à pâte pressée, des fromages à pâte filée, et des fromages à pâte molle (ce dernier constitue l'objet de notre étude). Ces produits sont commercialisés sous le titre de la marque « Le Leader ». L'unité de production s'étend sur une superficie organisée comme suit :

- Bureau d'administration.
- Deux salles de ressuyage.
- Deux salles d'affinage.
- Salle d'emballage.
- Salle de stockage.
- Grande salle de production.
- Petit laboratoire physicochimique.

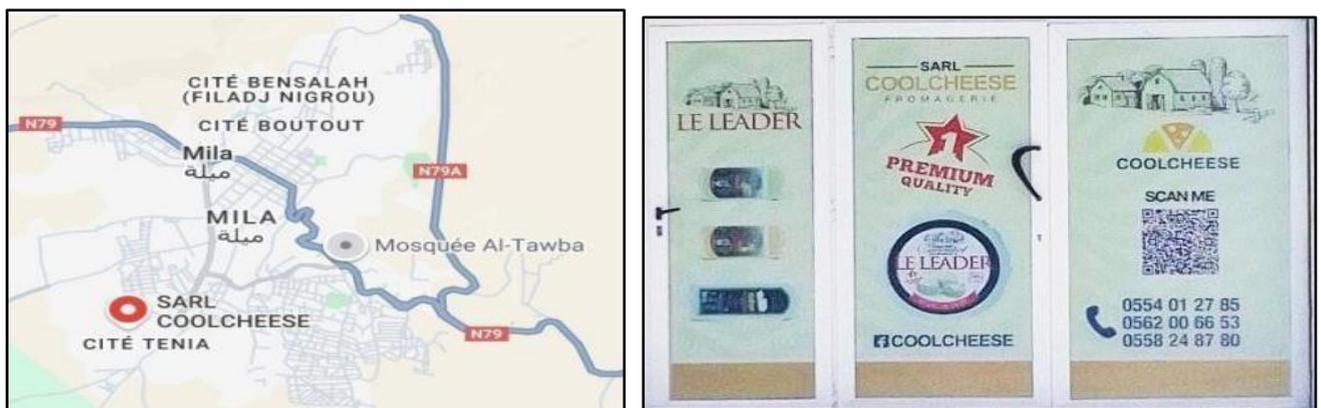


Figure 12. Localisation et interface de SARL COOLCHEESE (Photo Originale, 2025)

3. Etapes de fabrication fromagère de type « Camembert » :

L'étude du procédé de fabrication fromagère de type Camembert a été réalisée au sein de la laiterie « SARL Coolcheese » en avril 2025. Les différentes étapes suivies par cette unité sont représentées dans le diagramme ci-dessous (Fig13).

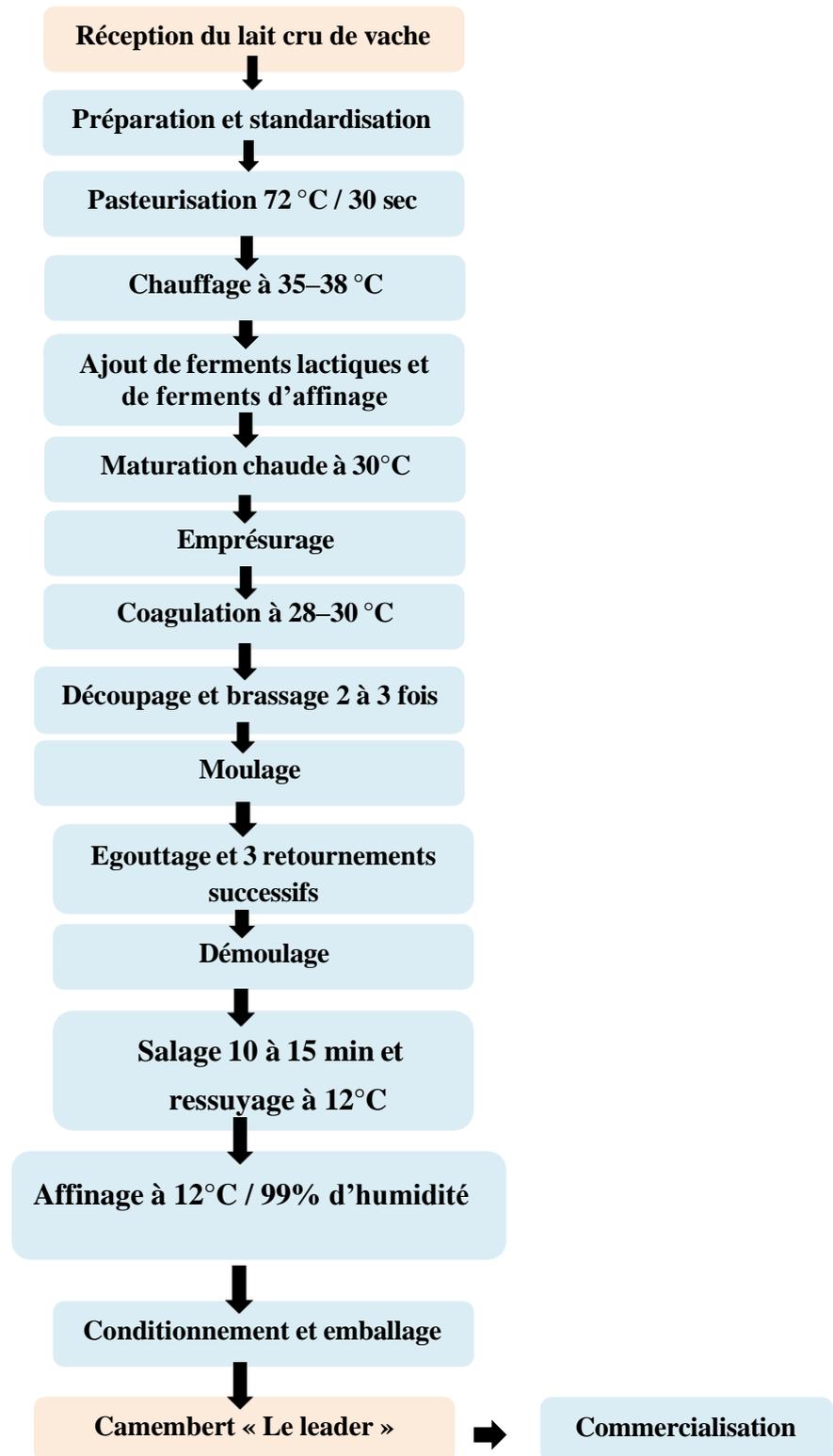


Figure 13. Diagramme du processus de fabrication du Camembert à la SARL Coolcheese

➤ Pasteurisation de lait

Le lait est pasteurisé à une température de 72°C pendant 30 secondes dans une cuve de pasteurisation, cette étape permet de détruire les germes indésirables qui pourraient altérer le processus de fabrication. Ensuite, le lait est immédiatement refroidi à 10°C (**Fig14**).



Figure 14. Pasteurisation du lait (**Photo Originale, 2025**)

➤ Chauffage

Le lait est ensuite réchauffé à température variante de 35 à 38°C afin de favoriser une activité optimale des ferments.

➤ Ensemencement des ferments

L'ensemencement comprend :

- **Des ferments d'acidification** : levains lactiques mésophiles (LL50) et thermophiles (TS80)
- **Des ferments d'affinage** : *Geotrichum candidum* (GEO17), *Penicillium camemberti* (PC NEIGE), et des levures (KL)

➤ Maturation chaude

Une phase de maturation chaude est réalisée à 30°C pendant environ 30 minutes pour permettre la multiplication des ferments ajoutés.

➤ **Emprésurage**

Une solution de présure est versée dans le lait sous agitation pour bien homogénéiser les deux solutions. Le PH à ce stade se situe entre 6,2 et 6,3 (**Fig 15**).



Figure 15. Préparation de la présure (**Photo Originale, 2025**)

➤ **Coagulation**

Le mélange lait-présure est laissé au repos pendant 30 minutes à une température ambiante de 28 à 30°C, jusqu'à la formation d'un caillé (**Fig16**).



Figure 16. Coagulation du lait (**Photo originale, 2025**)

➤ **Découpage**

À l'aide d'un tranche-caillé, le caillé est découpé en petites tranches de 2 à 2,5 cm afin de faciliter l'évacuation du lactosérum (**Fig17**).



Figure 17. Découpage de caillé (Photo originale, 2025)

➤ **Brassage**

Le caillé est brassé deux à trois fois à l'aide d'un brasseur pour extraire un maximum de lactosérum :

- Le premier brassage à lieu 15 minutes après le découpage
- Le second, 15 minutes après le premier (**Fig18**)



Figure 18. Brassage du caillé (Photo originale, 2025)

➤ **Moulage**

Le caillé est réparti dans des moules ronds de différents diamètres pesant 125 g à 350 g, qui sont posés sur des plaques rainurées, ce qui imprime une forme caractéristique à la surface du fromage camembert. Le lactosérum s'écoule par des ouvertures latérales des moules (**Fig19**).



Figure 19. Moulage du caillé (Photo originale, 2025).

➤ **Égouttage et retournement**

Pour assurer un égouttage optimal, trois retournements successifs sont effectués :

- Le premier, une heure après le moulage
- Le deuxième, deux heures après
- Le troisième, trois heures après

Le caillé reste dans les moules pendant environ 12 heures (**Fig 20**)



Figure 20. Egouttage du fromage (Photo Originale, 2025)

➤ Démoulage

Il se fait au lendemain de la fabrication, les fromages sont démoulés puis placés sur des claies métalliques d'affinage. Le PH à cette étape est compris entre 4,9 et 5,0.

➤ Salage

Les fromages sont immergés dans une solution saline (contenant 35 % de sel) pendant 10 à 15 minutes, afin de renforcer la croûte et améliorer la conservation (**Fig21**).



Figure 21. Salage du camembert (Photo Originale, 2025)

➤ Ressuyage

Après le salage, les fromages sont transférés dans une salle de ressuyage à 12°C pendant 24 heures. Ils sont retournés régulièrement pour garantir un séchage homogène (**Fig22**).



Figure 22. Ressuyage (Photo Originale, 2025)

➤ **Affinage**

Les fromages sont placés dans des chambres spécialisées appelées hâloirs, à 12°C et 99 % d'humidité, pendant 10 à 12 jours. Ceci a pour but de permettre le développement de la flore de surface, notamment *Penicillium camemberti*, caractéristique du Camembert (**Fig23**).



Figure 23 : Produit fini (Photo originale, 2025)

➤ **Conditionnement et emballage**

À la fin de l'affinage, les fromages sont pesés à l'aide d'une balance analytique puis emballés dans des papiers en cellulose micro-perforés, ceci permet à la fois la respiration du produit et la préservation de la flore de surface (**Fig24**).



Figure 24. Camembert « LE LEADER » (Photo Originale, 2025)

4. Méthode d'analyse

La méthodologie adoptée dans cette étude expérimentale est présentée dans le schéma (Fig25)

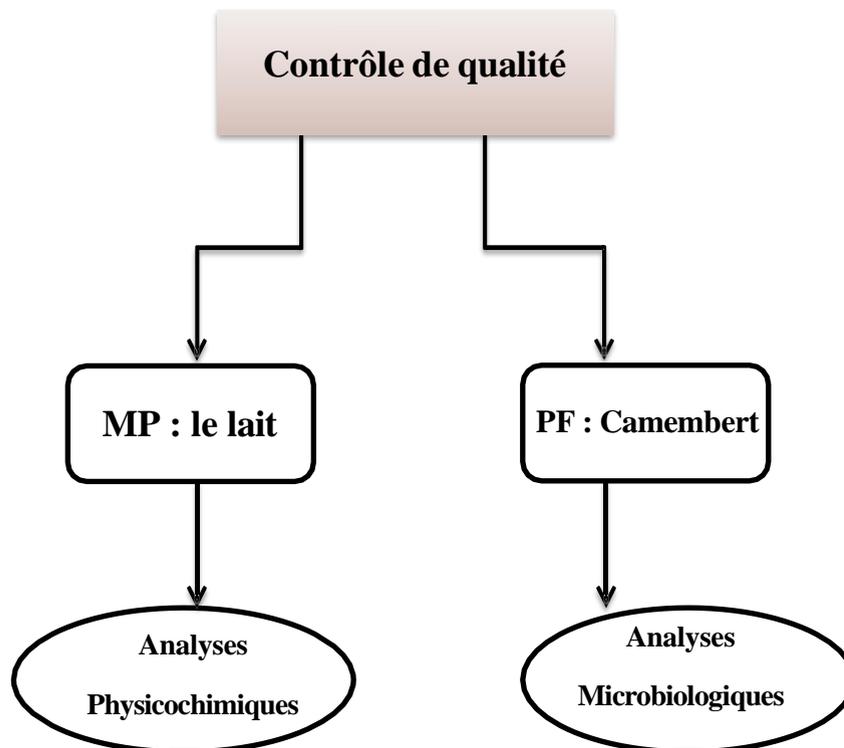


Figure 25. Schéma de la méthodologie de travail utilisée **MP** : matière première ; **PF** : produit fini

4.1. Analyses physicochimiques de la matière première « lait de vache » :

Ces analyses ont été effectuées au sein de la laiterie « SARL Coolcheese » immédiatement après la réception du lait en citernes, afin d'évaluer la qualité et la conformité du lait collecté par rapport aux normes réglementaires (Tab08).

Tableau 08. Matériel et produits utilisés pour les analyses physicochimiques du lait

Produit	Appareillage	Autres matériels
Lait de vache	PH-mètre Lactodensimètre	Bécher Eprouvette Burette
Phénolphtaléine Solution	Acidimètre MilkSafe (détection	Embouts Bandelettes
NaOH	des antibiotiques)	Micropipette – Balance

4.1.1. Prélèvement d'échantillon

Conformément à l'arrêté n°35 du 27 mai 1998 (Journal Officiel), les prélèvements de lait cru s'effectuent par la méthode haute et basse au sein des citernes (prélèvement à deux niveaux), après une agitation modérée afin d'assurer l'homogénéisation du lait.

4.1.2. Les analyses réalisées

4.1.2.1. Test de PH

Le PH est mesuré par immersion de l'électrode du PH-mètre dans un échantillon de lait homogénéisé à 20°C. La lecture est directe sur l'appareil (**Fig26**).



Figure 26. Test de pH (Photo Originale, 2025)

4.1.2.2. Test de densité :

La densité est déterminée à l'aide d'un lactodensimètre, afin d'estimer la teneur en matière grasse ainsi que la concentration des éléments dissous. Le lait doit être versé délicatement dans l'éprouvette, afin d'éviter la formation de mousse. Le lactodensimètre est ensuite introduit verticalement, et la lecture de la densité et de la température est effectuée après 30 secondes de stabilisation (**Fig 27**).

Interprétation :

- Si la température du lait est de 20°C : lecture directe de la valeur de densité.
- Si elle diffère : appliquer un facteur de correction.



Figure 27. Test de densité (Photo Originale, 2025)

- **Test d'acidité**

Cette méthode est réalisée afin de mesurer la quantité d'acide lactique, exprimée en degrés Dornic ($1^{\circ}\text{D} = 0,1 \text{ g d'acide lactique par litre de lait}$). Elle consiste en une titration de l'acide lactique par une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), en présence de phénolphtaléine comme indicateur (**annexe 01**). Le dosage est effectué à l'aide d'un acidimètre.

Pour ce faire, 10 ml de lait sont introduits dans un bécher, puis 3 gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées. Parallèlement, la solution de NaOH est versée dans le tube doseur de l'acidimètre, et le titrage commence goutte à goutte, sous agitation continue, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose stable. À ce moment, le dosage est terminé, et la valeur est lue directement sur l'appareil (**Fig28**).



Figure 28. Test d'acidité (Photo Originale, 2025)

- **Test des antibiotiques**

Le test MilkSafe Fast 3BTS 3BTS a été réalisé pour détecter de détecter la présence d'antibiotiques (bêta-lactamines, céphalexine, tétracyclines). 200µl de lait a été versé dans une cupule avec bandelette, puis incubé à 50°C pendant 3 minutes (**Fig29**).

Interprétation :

- Si les lignes de test sont plus claires que la ligne de contrôle → **résultat négatif** (absence d'antibiotiques)
- Si les lignes de test sont plus pâles que la ligne de contrôle → **résultat positif**, le lait est alors non conforme à la production fromagère.

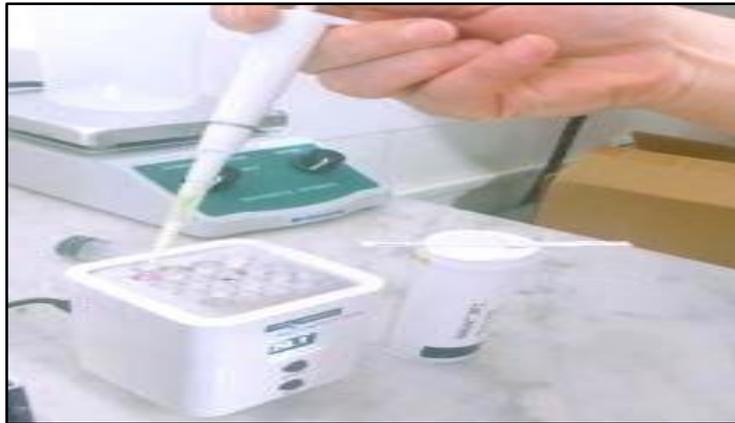


Figure 29. Test des antibiotiques (**Photo Originale, 2025**)

4.2. Les analyses microbiologiques du produit fini (camembert) :

Les analyses microbiologiques sont considérées comme une étape fondamentale dans les industries alimentaires notamment laitière, car elles permettent de garantir la sécurité sanitaire du produit, en évaluant notamment l'arôme, la texture et la conformité aux normes d'hygiène. Elles visent également à détecter les microorganismes pathogènes ou altérants tels que *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* ou *Salmonella spp.*, connus pour provoquer de graves toxi-infections alimentaires. Les analyses du camembert « Le Leader » ont été réalisées en avril 2025 dans les laboratoires du département des sciences de la nature et de la vie du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila (**Tab09**).

Tableau 09 : matériel et produits utilisés pour les analyses microbiologiques de camembert

Milieux de culture	Diluant	Appareillage	Autres matériels
Gélose nutritive (GN) Gélose Chapman Gélose <i>Salmonella Shigella</i> « SS »	Eau physiologique	Autoclave Bain marie Bec bunsen Étuves Balance	Boîtes de Pétri Tubes à essai Flacon de 250ml Anse de platine Bécher Verrerie

4.2.1. Microorganismes recherchés :

Les germes cibles dans cette étude sont :

- ✓ Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM).
- ✓ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)
- ✓ *Salmonelles*

4.2.2. Echantillonnage et prélèvement :

L'échantillon analysé nous a été fourni par la laiterie « SARL Coolcheese », selon les recommandations fixées par le Journal officiel (**annexe 02**). Le prélèvement a été réalisé dans des conditions aseptiques strictes pour préserver l'intégrité microbiologique de l'échantillon. L'échantillon a été immédiatement transporté, dans une glacière isotherme respectant la chaîne du froid, vers le laboratoire pédagogique du Département.

L'échantillon de fromage a été découpé en quatre secteurs égaux à l'aide d'une spatule stérile, Cette méthode de découpe, illustrée à la figure ci-dessous, a été adoptée afin de permettre l'accès au cœur du fromage (la partie interne) pour une analyse représentative (**Fig30**).

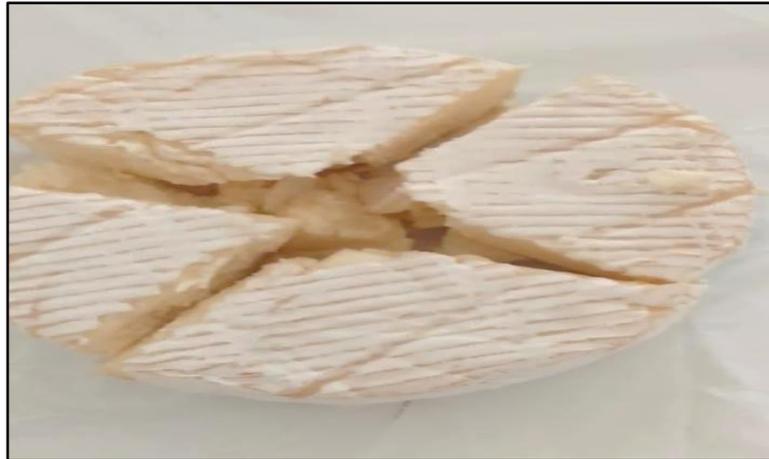


Figure 30. Échantillon de Camembert découpé en quatre secteurs (photo Originale, 2025)

4.2.3. Analyses effectuées

- **Préparation de la solution mère :**

5g du camembert sont pesés à l'aide d'une balance puis transférées aseptiquement dans une bouteille stérile contenant 45ml d'eau physiologie. Le mélange est ensuite chauffé dans un bain marie de type (PROLABO) à environ 45°C pendant 20min pour mieux solubiliser les constituants. Il est ensuite homogénéisé manuellement jusqu'à obtention d'une suspension uniforme. Cette suspension constitue la **dilution mère (DM)**, correspondant à une dilution 10^{-1} (Fig31).



Figure 31. Préparation de la solution mère (Photo Originale, 2025)

- **Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

- ❖ **Mode opératoire**

- Le milieu utilisé pour le dénombrement de la flore totale est la gélose nutritive GN, qui a été préparée de manière stérile et selon des conditions d'asepsie spécifiques (**Annexe 01**)
- Le milieu est stérilisé à l'autoclave pendant 15 min.
- 0,1ml de la solution mère a étéensemencé sur la gélose devant la flamme de bec bunsen en utilisant la méthode des stries en quadrants avec une anse de platine.
- L'incubation se fait à la température optimale de croissance des germes pendant 24 à 48h.
- Après la période d'incubation, les colonies bactériennes sont dénombrées (**Fig32**).

- **Recherche des *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) :**

- ❖ **Mode opératoire**

- Le milieu sélectif utilisé est la gélose Chapman (**Annexe 01**).
- À partir de la solution mère, 0,1 ml est prélevé et réparti dans des boîtes de Pétri contenant le milieu préparé.
- L'ensemencement est réalisé par la méthode des stries en quadrants.
- Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

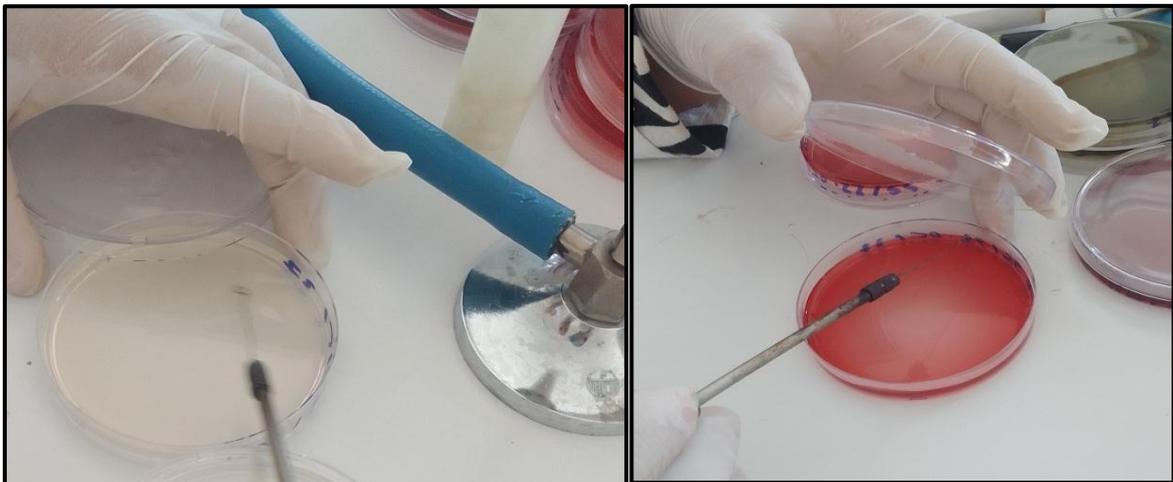


Figure 32. Ensemencement des échantillons sur milieux de culture (**Photo Originale, 2025**)

- Recherche des *salmonelles*

- ❖ **Mode opératoire**

- Le milieu utilisé est la gélose SS (Salmonella-Shigella) (**Annexe 01**).
- 0,1 ml de la solution mère est ensemencé sur les milieux préparés en utilisant la méthode des stries en quadrants.
- Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- ✚ **La coloration de Gram**

La coloration de Gram a été réalisée selon le protocole de Delarras (2007), selon les étapes suivantes (**Fig33**).

1. Préparer et fixer le frottis bactérien sur lame.
2. Recouvrir de violet de gentiane pendant 1 minute, éliminer l'excès et rincer à l'eau distillée.
3. Appliquer le Lugol pendant 1 minute, puis rincer.
4. Décolorer à l'alcool à 95% pendant 15 à 30 secondes, puis rincer.
5. Recolorer avec la fuchsine pendant 10 à 30 secondes, puis rincer à l'eau.
6. Sécher délicatement au-dessus de la flamme du bec Bunsen.

Interprétation :

- Les bactéries **Gram positives** ont une paroi riche en peptidoglycane, fixent le violet de gentiane, et apparaissent **violettes**.

- Les bactéries **Gram négatives**, à paroi plus mince, perdent le colorant primaire lors de la décoloration et se colorent à la **fuchsine**, apparaissant **roses**.

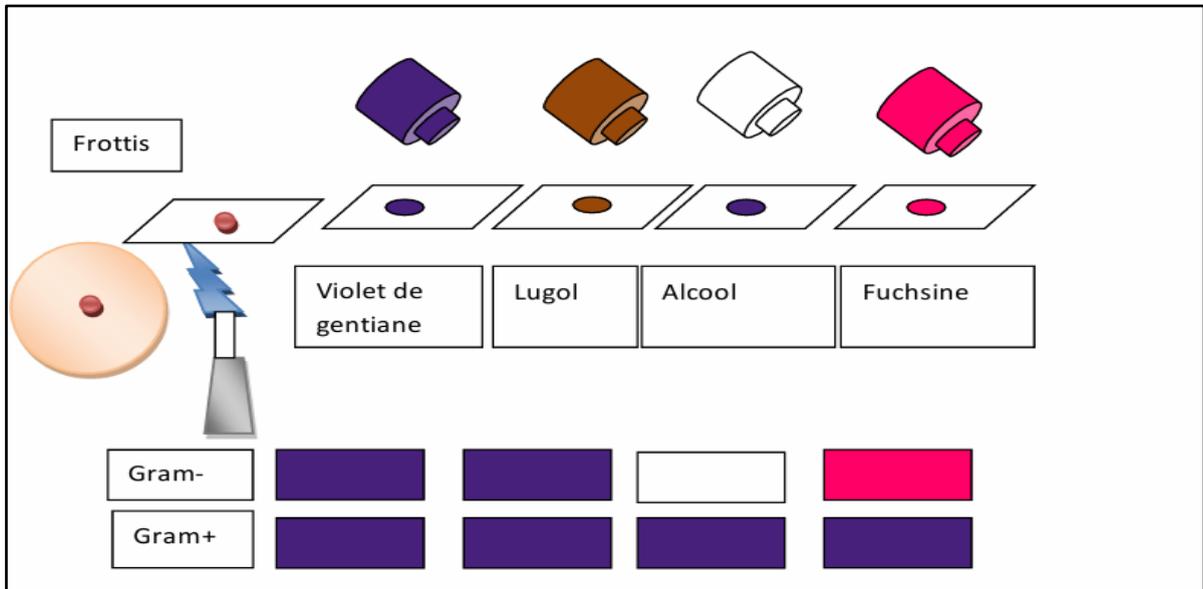


Figure 33. Protocole utilisé pour la coloration de Gram (Delarras, 2007)

Résultats & Discussion

IV- Résultats :

1. Effets des ferments utilisés sur la qualité du camembert :

Le tableau suivant présente un récapitulatif des informations qu'on a recueilli sur les différents ferments utilisés par la SARL CoolCheese dans la fabrication du camembert. Il précise l'impact de chaque ferment sur divers paramètres de qualité du fromage, tels que l'acidification, la texture, la croûte, le développement des arômes, l'affinage et la sécurité microbiologique (**Tab10**) :

Tableau 10. Effets techno-fonctionnels des ferments utilisés dans la fabrication du camembert par la SARL CoolCheese

Paramètre	TS80	LL50	PC NEIGE	GEO17	KL
Acidification / pH	Acidification rapide du lait	Acidifie efficacement le lait	Favorise un bon caillage	Augmente le PH en surface (désacidification)	Désacidifie la surface, contribuant à une augmentation du PH
Texture	Améliore les qualités organoleptiques générales	Influence favorable sur la texture	Rend la pâte coulante en périphérie et crémeuse au centre	Améliore l'aspect final du fromage	Contribue à une texture plus fondante et crémeuse
Croûte	—	—	Génère une croûte régulière et fine	Favorise une croissance homogène de la croûte	Stabilise la flore de surface et équilibre la croissance microbienne
Arôme / Goût	Confère une saveur caractéristique au produit	Participe à la formation du goût	Développe des arômes typiques	Joue un rôle important dans le développement des arômes	Améliore le goût et enrichit la saveur finale
Affinage	—	—	Accélère la maturation et favorise un affinage homogène	Favorise le développement de la flore de surface	Permet une maturation en profondeur
Sécurité microbiologique	Inhibe les flores indésirables via production d'acide	Inhibe les agents pathogènes	Réduit les risques de contamination	Inhibe certaines moisissures indésirables	Stabilise la flore de surface en limitant les microflores nuisibles

Les résultats montrent que chacun des ferments utilisés joue un rôle spécifique et complémentaire dans le développement des caractéristiques organoleptiques, technologiques et sanitaires du produit fini.

Les ferments lactiques TS80 et LL50 induisent une acidification rapide du lait, ce qui favorise le démarrage de la coagulation enzymatique par la présure. Cette acidification initiale est essentielle pour le développement de la texture ainsi que la sécurité microbiologique du camembert. Les ferments d'affinage, en particulier GEO17 (*Geotrichum candidum*) et KL (levures), contribuent à leur tour dans l'augmentation progressive du PH en surface lors de l'affinage.

Le PC NEIGE (*Penicillium camemberti*) joue un rôle clé dans la différenciation de texture, car il permet la formation d'une pâte plus coulante en périphérie et plus crémeuse au cœur, ce qui caractérise les camemberts affinés. KL et LL50 contribuent aussi à une texture plus fondante et homogène, tout en améliorant la qualité du produit. La présence combinée de ces micro-organismes contribue à l'amélioration de la structure interne du produit.

L'effet de PC NEIGE et GEO17 sur la formation d'une croûte fine, régulière et homogène est très important pour aboutir à l'aspect commercial du camembert. Ces micro-organismes permettent de garder une flore de surface stable et empêchent le développement de microorganismes indésirables.

PC NEIGE et KL jouent un rôle majeur dans la dégradation des protéines et des lipides, ce qui produit des composés volatils aromatiques caractéristiques des fromages à pâte molle. TS80, LL50 et GEO17 contribuent aussi au développement des arômes et à la formation de la saveur caractéristique du fromage.

Enfin, les ferments d'affinage (PC NEIGE, GEO17 et KL) assurent un affinage régulier, avec une évolution notable de la texture et de la structure microbienne en surface, ainsi qu'une maturation en profondeur.

La biosécurité du produit est assurée par les ferments lactiques TS80 et LL50 qui participent à par la production d'acide lactique et éventuellement de bactériocines inhibant la croissance de pathogènes. PC NEIGE et KL, par leur dominance sur la croûte, limitent le développement de moisissures indésirables.

2. Interprétation des résultats physicochimiques du lait cru :

Le tableau 11 représente les résultats des analyses physicochimiques du lait cru ont été résumés dans le tableau suivant

Tableau 11. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru.

Paramètre analysé	Résultat obtenu	Normes AFNOR (1980)
pH à 20 °C	6,6	6,6 – 6,8
Densité	1,030	1,028 – 1,032
Acidité (°D)	15°D	15 – 18°D

2.1. PH :

La valeur du PH mesurée (6,6) est conforme aux normes AFNOR et représente un indice de fraîcheur du lait. Un PH compris entre 6,6 et 6,8 indique que le lait n'a pas subi de fermentation spontanée ni de contamination microbienne significative, ceci confirme le bon état hygiénique de la matière première (respect des conditions de la traite, stockage, et transport).

2.2. Densité :

La densité du lait a été trouvée à 1,030, ceci est également conforme aux normes (1,028–1,032). Ceci indique que le lait est entier (non écrémé) et non adultéré (pas de mouillage à l'eau), et confirme que aucune dilution frauduleuse ni altération physique du lait n'a eu lieu avant son utilisation dans le processus de transformation fromagère. Cette valeur de densité montre également que le lait présente une bonne composition naturelle, avec un équilibre entre protéines, lactose et lipides, ce qui est essentiel pour garantir un rendement fromager optimal.

2.3. Acidité :

L'acidité titrée a été mesurée à 15 °D, ce qui correspond à la limite inférieure des normes AFNOR. Cette valeur indique que le lait est frais et stable microbiologiquement. Elle reflète également des conditions de stockage et de transport adéquates.

2.1. Test des antibiotiques :

Le test MilkSafe Fast 3BTS a révélé l'absence de résidus d'antibiotiques dans le lait à analyser, ceci a été observé par les lignes de test plus claires que la ligne de contrôle (Figure 34). Ce résultat garantit que le lait est conforme aux normes de sécurité alimentaire (Journal officiel de la République algérienne n°39 du 2 juillet 2017), et sûr pour la fermentation (**Fig34**).

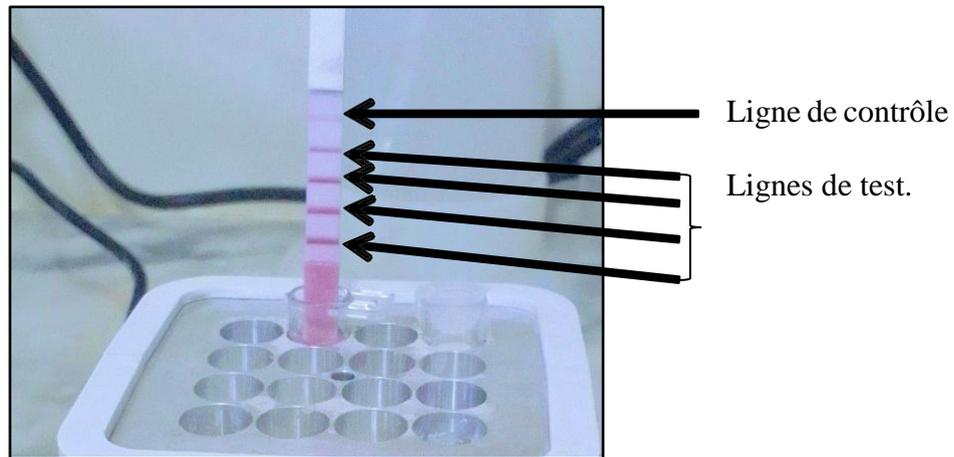


Figure 34. Absence de résidus antibiotiques détectée (Photo Originale, 2025).

3. Interprétation des variations de PH et d'acidité pendant l'affinage du camembert :

Les résultats de la variation du PH et de l'acidité au cours des jours de maturation du camembert sont présentés dans le graphique ci-dessous (**Fig35**) :

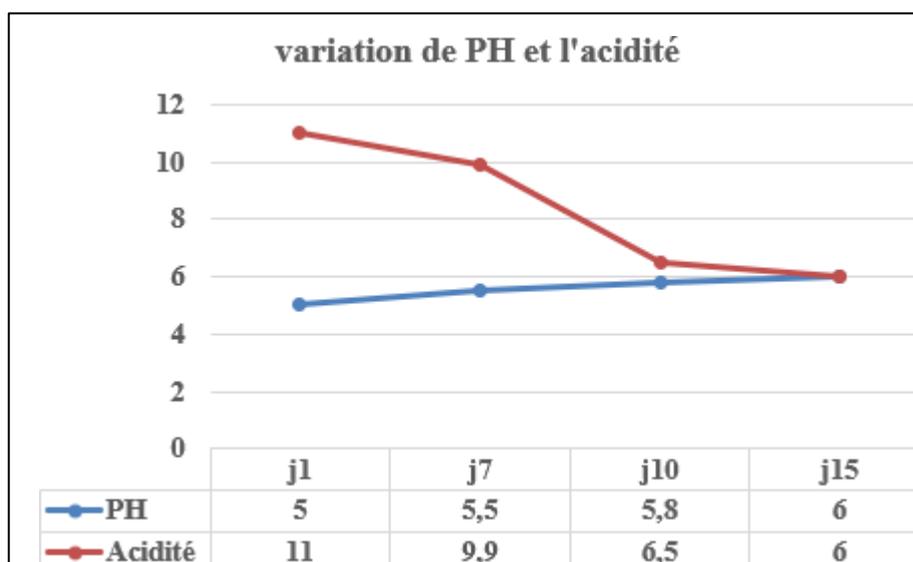


Figure 35. Variation du PH et de l'acidité au cours des jours de maturation

D'après le graphique, on observe deux courbes opposées : la première montre une augmentation progressive du PH, passant de 5,0 au jour 1 (J1) à 6,0 au jour 15 (J15), tandis que la seconde présente une diminution marquée de l'acidité titrée, passant de 11 °D à J1 à 6 °D à J15. Ces variations confirment la dégradation progressive de l'acide lactique et indiquent un affinage bien conduit du camembert.

4. Résultats des analyses microbiologiques du camembert :

Les analyses microbiologiques constituent une étape essentielle, car elles permettent de vérifier que le produit ne présente aucun risque pour la santé du consommateur et d'évaluer l'efficacité des processus de fermentation et d'affinage.

Les analyses microbiologiques réalisées dans notre étude reposent sur l'examen macroscopique et microscopique des colonies. L'examen microscopique peut être réalisé sans coloration, par observation directe entre lame et lamelle (technique de l'état frais), ou après coloration de l'échantillon. L'observation microscopique vise à examiner les cellules bactériennes au microscope optique, afin d'en déterminer la forme, la disposition et, le cas échéant, la mobilité.

4.1. Résultats de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

Après 48 heures d'incubation à 37 °C sur gélose nutritive (GN), une croissance abondante de colonies dispersées a été observée sur le milieu. Cette flore est constituée principalement de bactéries lactiques, de microcoques et d'autres micro-organismes naturellement présents dans le lait cru ou introduits lors du processus de fabrication (ferments). Leur présence est attendue dans le camembert, car elles jouent un rôle essentiel dans le développement des caractéristiques organoleptiques et sensorielles du fromage, telles que l'arôme, la texture et la saveur.

a. Examen macroscopique des caractères cultureux

L'observation macroscopique des colonies bactériennes permet une première identification basée sur des critères morphologiques (**Fig36**) :

- Taille : petites, mesurant entre 1 et 2 mm de diamètre,
- Forme : ronde, régulière, bien délimitée,
- Aspect de la surface : mate, sans reflets ni reliefs particuliers,
- Couleur : blanc crème, homogène.

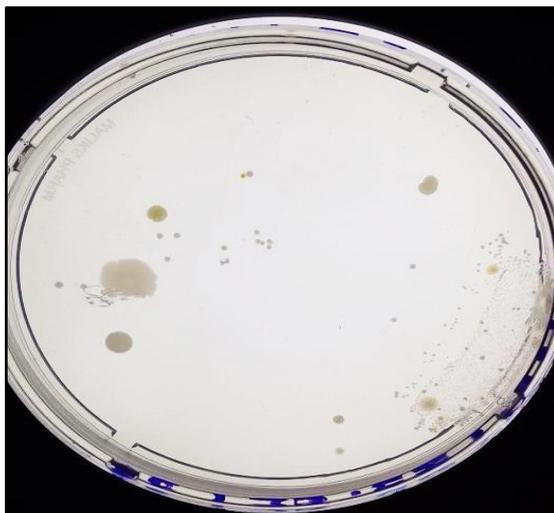


Figure 36. Observation macroscopique des colonies de la FTAM (Photo Originale, 2025).

b. Aspect microscopique

L'examen microscopique a été réalisé après coloration de Gram (Fig37) afin de caractériser la morphologie des bactéries.

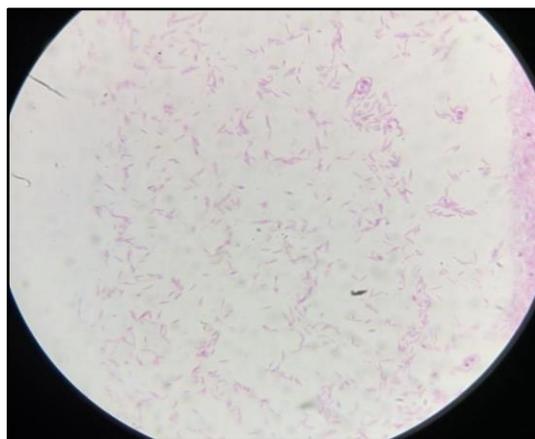


Figure 37. Observation microscopique des FTAM au microscope optique (Photo Originale, 2025)

L'examen a montré la prédominance de bacilles de couleur violette, ceci indique que la majorité des bactéries présentes sont Gram positives. Elles apparaissent isolées ou organisées en chaînettes, typiques des bactéries lactiques telles que *Lactococcus* et *Lactobacillus*. La présence de ces bactéries est importante en raison de leur rôle fondamental dans la fermentation du camembert. Les levures sont moins abondantes, leur présence est également attendue, car elles sont essentielles pour l'affinage et à la formation de la croûte du fromage.

4.1.1. Recherche de *Staphylococcus aureus*

Aucune colonie typique de *Staphylococcus aureus* (jaune doré) n'a été observée sur gélose Chapman après incubation à 37 °C pendant 24 heures (**Fig38**).

S. aureus est un pathogène majeur, son absence dans l'échantillon de camembert révèle un bon niveau d'hygiène tout au long du processus de fabrication.

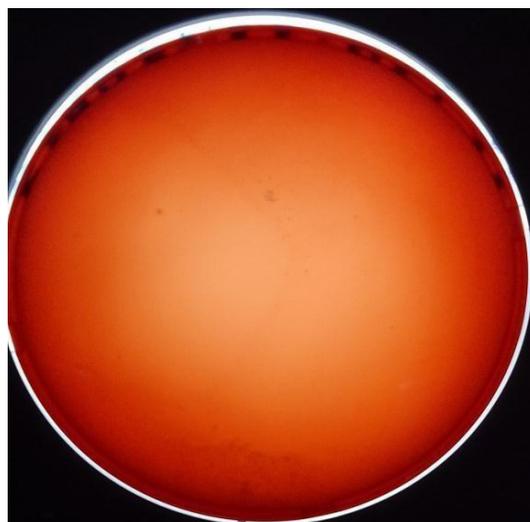


Figure 38. Absence de colonies sur le milieu Chapman (**Photo Originale, 2025**).

4.1.2. Recherche de *Salmonella spp.*

Aucune colonie ne suspecte sur gélose *Salmonella-Shigella* (SS) après 24 à 48 h. Les *Salmonella* sont des pathogènes redoutés en industrie laitière. Son absence dans l'échantillon garantit la salubrité du produit final. (**Fig39**)

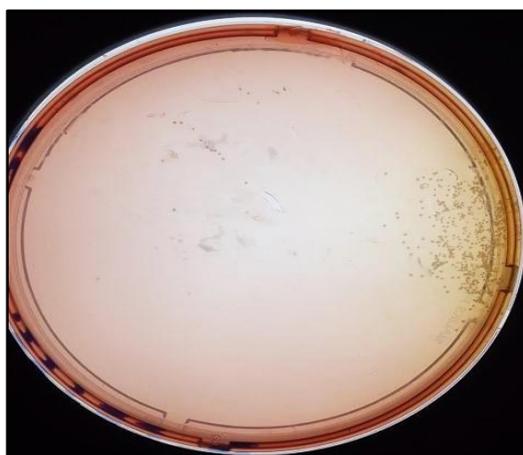


Figure 39. Absence de colonies sur le milieu SS (**Photo Originale, 2025**).

4.2. Conclusion globale des résultats microbiologiques :

On peut conclure que le camembert fabriqué à la SARL CoolCheese présente un profil microbiologique satisfaisant, et reflète une qualité sanitaire maîtrisée avec un bon processus technologique, aboutissant à un produit apte à la consommation et conforme aux standards de sécurité alimentaire (**Tab12**) :

Tableau 12. Analyses microbiologiques globales du camembert "Le Leader"

Microorganisme recherché	Résultat	Interprétation
Flore totale aérobies mésophiles	Présente, abondante, Gram +	Flore technologique bénéfique, reflet d'une bonne fermentation
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absent	Indique une bonne hygiène et une sécurité alimentaire respectée
<i>Salmonella spp.</i>	Absent	Garantit l'absence de contamination fécale et la conformité réglementaire

V- Discussion :

Au cours de notre stage au sein de la SARL Coolcheese, nous avons mené un suivi approfondi du processus de fabrication du camembert de marque « Le Leader », tout en étudiant les aspects physicochimiques, microbiologiques et technologiques du processus fromager.

La fabrication de ce fromage à pâte molle à croûte fleurie repose en grande partie sur l'action synergique de différents ferments microbiens, ces micro-organismes sont responsables des caractéristiques technologiques, organoleptiques et sanitaires du fromage (**Fox et al., 2017**).

Les bactéries lactiques participent activement à la formation des propriétés sensorielles du Camembert. Parmi les souches les plus utilisées, *Lactococcus lactis*, à croissance optimale autour de 35 °C, est fréquemment intégrée aux levains mésophiles employés dans les fromages à pâte molle (**Dellaglio et al., 1994**). *Streptococcus thermophilus* est également utilisé pour sa capacité à acidifier rapidement le lait et enrichir le profil aromatique, bien qu'il disparaisse rapidement pendant l'affinage, probablement en raison de la lyse cellulaire (**Benloucif & Oulmi, 2017**). Ainsi, les bactéries lactiques assurent à la fois une fonction technologique dans

la transformation du lait et une contribution à la qualité microbiologique et organoleptique du Camembert.

Les souches lactiques utilisées lors de la fabrication du camembert dans le Sarl Coolcheese (TS80) et (LL50) ont assuré une acidification rapide du lait, ce qui est essentiel pour initier la coagulation enzymatique par la présure (**Martley, 1975**). L'acidification permet d'abaisser le PH, ce qui favorise un caillage homogène et contribue à la texture du fromage (**McSweeney et Sousa, 2000**). Par ailleurs, l'acide lactique produit inhibe la croissance de micro-organismes pathogènes ou indésirables, ce qui aide à la bio préservation du produit (**Bintsis et Papademas, 2024**).

La flore fongique joue un rôle fondamental dans l'affinage des fromages de type Camembert, en contribuant de manière décisive à leur texture, leurs arômes et leur sécurité microbiologique. Parmi les moisissures dominantes, *Penicillium camemberti* est l'espèce clé, choisie pour son potentiel enzymatique et ses caractéristiques technologiques (**Benloucif & Oulmi, 2017 ; Lenoir et al., 1983**). Ce champignon filamenteux strictement aérobie présente une croissance optimale à 22 °C et à un PH compris entre 4 et 5 (**Leghlimi, 2013**), et produit des enzymes protéolytiques et lipolytiques essentielles au développement de l'arôme et à l'assouplissement de la pâte (**Leclercq-Perlat et al., 2006**). Son mycélium forme en outre une barrière protectrice sur la croûte du fromage, limitant ainsi la prolifération de micro-organismes indésirables (**Bockelmann et al., 1999**). En complément, les levures telles que *Geotrichum candidum* interviennent précocement dans la désacidification de la surface, étape essentielle à l'installation des moisissures (**Fröhlich-Wyder, 2003**). *G. candidum* contribue également à la dégradation du lactate, à la désamérisation des peptides, au séchage de la croûte, et exerce une action antifongique contre des moisissures indésirables (**Berger et al., 1999**).

Comme observé dans notre étude, *Penicillium camemberti* (souche PC NEIGE) a contribué à la dégradation enzymatique conférant une texture fondante en périphérie et crémeuse au centre et est essentielle à la différenciation de la texture finale du camembert (**Spinnler, 2017**).

Durant l'affinage, les levures colonisent initialement la surface du fromage, où elles consomment l'acide lactique produit par les bactéries lactiques. La baisse de la concentration de ce dernier entraîne une désacidification locale et une augmentation du PH, ce qui est indispensable à la croissance de *Geotrichum candidum*.

G. candidum à son tour stabilise la flore de surface et favorise le développement homogène de la croûte (**Dumas, 1984**). Par son activité enzymatique, notamment aminopeptidasique, cette levure réduit l'amertume en hydrolysant des peptides hydrophobes et contribue à la dégradation des protéines et lipides, influençant la texture et les arômes du fromage (**Kamilari et al., 2023**).

L'analyse physicochimique du lait cru constitue un outil de contrôle de qualité essentiel en fromagerie. Les paramètres mesurés (PH, densité, acidité titrée) reflètent l'état de fraîcheur, la composition et la stabilité microbiologique du lait,

Le PH mesuré à 6,6 est conforme aux normes AFNOR (6,6–6,8) et constitue un indicateur fiable de la fraîcheur du lait (**AFNOR, 1980**). Un PH dans cette plage indique l'absence de fermentation spontanée ou de contamination bactérienne significative (**Fox et al., 2017**). Un PH plus est considéré comme indicateur d'acidification résultant de la prolifération microbienne (**Walstra et al., 2006**).

La densité observée à 1,030 est conforme aux normes AFNOR (1,028–1,032), et indique un lait entier non adultéré. Ce paramètre confirme l'absence de dilution frauduleuse, il est sensible à la teneur en matières grasses, protéines et lactose et reflète une composition équilibrée qui donne à un bon rendement fromager (**Fox et al., 2017; Walstra et al., 2006**).

L'acidité titrée mesurée à 15 °D correspond à la limite inférieure des normes AFNOR (15–18 °D), ce qui indique un lait frais, faiblement acidifié (**Fox et al., 2017**). L'acidité fournit une indication générale de l'âge du lait et de ses conditions de conservation (**Assen et Abegaz, 2024**). Une acidité plus élevée traduirait une activité bactérienne excessive, préjudiciable à la qualité du lait (**Walstra et al., 2006**).

L'absence de résidus d'antibiotiques, confirmée par le test MilkSafe Fast 3BTS, est essentielle. En effet, ces résidus peuvent inhiber l'action des bactéries lactiques, perturbant les étapes de fermentation et d'affinage. Cette conformité avec la réglementation nationale (**Journal officiel de la République algérienne n°39, 2017**) garantit que le lait utilisé est apte à la transformation fromagère sans risque de dysfonctionnement microbiologique.

L'évolution du PH et de l'acidité titrée pendant l'affinage du camembert montre une dynamique caractéristique. Entre le jour 1 (PH = 5,0 ; acidité = 11 °D) et le jour 15 (PH = 6,0 ; acidité = 6 °D), on observe une neutralisation progressive de l'acidité lactique due à l'action des micro-

organismes d'affinage (**Fox et al., 2017 ; Walstra et al., 2006**). La baisse initiale de PH traduit l'activité des bactéries lactiques fermentant le lactose en acide lactique (**Abraham et al., 2007**). Ensuite, l'élévation du PH résulte de la consommation d'acide lactique et de la production d'ammoniac (NH_3) par *Penicillium camemberti* et *Geotrichum candidum*, qui stimulent la protéolyse et modifient la texture du fromage (**Leclercq-Perlat et al., 2004**).

Ce processus de désacidification, typique des fromages à pâte molle, favorise le développement des arômes et la texture crémeuse du camembert (**Spinnler, 2017**). Nos données indiquent une désacidification légèrement plus rapide que celle rapportée par **Sebbane et al., (2021)**, où le PH n'atteint que 5,36 après 12 jours. Cette différence peut être attribuée aux souches microbiennes utilisées ou aux conditions spécifiques d'affinage.

Enfin, pour l'analyse microbiologique du camembert, les observations macroscopiques et microscopiques révèlent un profil microbiologique dominé par une flore technologique bénéfique, principalement constituée de bactéries lactiques et de micro-organismes issus du lait cru ou des ferments ajoutés. Ces micro-organismes non pathogènes jouent un rôle fondamental dans la fermentation, l'affinage, et le développement des caractéristiques sensorielles du camembert (**Spinnler, 2017**).

L'absence de *Staphylococcus aureus*, conformément au **règlement (CE) n° 2073/2005** (limite inférieure : 100 UFC/g pour les fromages à pâte molle), et l'absence de *Salmonella spp.* Dans 25 g de produit, confirment la maîtrise hygiénique du procédé. Ces résultats attestent de bonnes pratiques de fabrication et de conditions de stockage adéquates, garantissant un produit final sûr sur le plan microbiologique.

Conclusion

VI- Conclusion :

Les résultats obtenus au cours de notre stage au sein de la SARL Coolcheese ont permis de valider la qualité sanitaire et technologique du camembert ainsi que lait cru utilisé dans sa fabrication. Le PH, la densité et l'acidité titrée indiquent un lait frais, conforme aux normes, et adapté à la transformation fromagère. L'absence de résidus d'antibiotiques, garantit une bonne implantation des ferments lactiques et le bon déroulement des fermentations.

L'étude de l'évolution du PH et de l'acidité durant la fabrication du fromage a révélé une activité enzymatique intense des levures et moisissures d'affinage, particulièrement GEO17 (*Geotrichum candidum*) et PC NEIGE (*Penicillium camemberti*), ce qui a favorisé la protéolyse, le développement de la texture crémeuse du camembert et la formation d'arômes typiques.

L'analyse microbiologique a montré la dominance d'une flore mésophile technologique dominante, sans présence des pathogènes *Staphylococcus aureus* ou *Salmonella spp*, ce qui confirme un processus de fabrication maîtrisé.

Ainsi, l'étude de ces paramètres nous a permis de suivre les différentes étapes de la fabrication du camembert, depuis la matière première jusqu'au produit affiné, tout en soulignant l'importance du contrôle qualité dans la garantie de la sécurité sanitaire et des propriétés organoleptiques du fromage.

Références bibliographiques

-A-

Abberkane H, et Amghar D. 2013 : Caractérisation de la flore microbienne d'un atelier de fabrication fromagère, cas de la fromagerie Lavalait. Mémoire de Master en Microbiologie Alimentaire et Sanitaire. Université Abderrahmane MIRA Béjaia. 37 pages.

Abraham A, Dubois A, et Lefèvre C. 2007 : Effet des bactéries lactiques sur la baisse du pH du lait durant la fermentation. Journal Français de Microbiologie Alimentaire, 18(2), 123–130.

Adrian J, Potus J, et Frange R. 2003 : La science alimentaire de A à Z, Lavoisier, 3ème édition. P549

AFNOR. 1980 : Recueil des normes françaises. Laits et produits laitiers Méthodes d'analyses, 33-34.

Aggad H, Mahouz F, Ahmed Ammar Y et Kihal M. 2009 : Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. Revue Méd. Vét., 160(12): 590-595p

Ahaddad R et Kasmi N. 2013 : Suivi du process de production d'un fromage à pâte molle type « camembert » au niveau de l'unité Ibarissen. Mémoire de Master en Génie Biologique. Université Abderrahmane MIRA de Béjaia. 66 pages

Ali Saoucha. 2017 : Mesure de la densité du lait de vache à l'aide d'un thermo-lacto-densimètre.

Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P, Simpson R. 2002 : Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In : Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.

Anonyme. 2002 : l'accident de poil de chat, centre fromage de carmejane

Assen K.A et Abegaz M.A. 2024 : Review on quality attributes of milk and commonly produced dairy products in Ethiopia. Volume 10, Issue 21

Attar K. 2023 : Evaluation de la méthode HACCP sur la ligne de fabrication de fromage à pâte molle type camembert au sein de la fromagerie STLD. Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité Thème. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Axelsson L. 1993 : Lactic acid bacteria: classification and physiology. In: Lactic acid bacteria. Salminen S. and von Wright A., pp: 1-63. Marcel Dekker Inc. New York.

-B-

Badinand F. 1994 : Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vét, n°170.

Badis A, Laouabdia-Sellami N, Guetarni D, Kihal M, et Ouzrout R. 2005 : Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « Arabia et Kabyle ». Sci. Technol. 23: 30-37p.

Ballongue L. 2023 : Fromage frais : liste, crémeux, pour les desserts. Cuisine Journal des Femmes. Consulté le 27 mai 2025, à partir de <https://cuisine.journaldesfemmes.fr/encyclopedie-produits/2722487-fromage-frais/>

Baroiller C et Schmidt J.L .1990 : Contribution à l'étude de l'origine des Levures du fromage de Camembert. Lait 70, 67-84.

Belarbi M. 2015 : Etude comparative entre la qualité Microbiologique du lait cru de vache et le Lait de chèvre. Mémoire de Master professionnel, Sciences des Aliments. Tlemcen : Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen, 75 p.

Benalia Y, Hakem A et Mati A. 2013 : Factors Affecting Milk Composition of Algerian Ewe Reared in Central Steppe Area. Research Journal of Dairy Sciences, 2 (215-221).

Benhedane. 2012 : Mémoire de magister en Sciences Alimentaires : qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est algérien, Biotechnologie Alimentaire, Université Mentouri Constantine, 03p

Benloucif R et Oulmi A. 2017 : Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle. Université Frères Mentouri Constantine, 1, 102 pages

Berger C, Khan J.A, Molimard P, Martin N et Spinnler H.E. 1999 : Production of sulfur flavors by ten strains of *Geotrichum candidum*. Appl Environ Microbiol, 65 : 5510- 5514

Bergère X, & Lenoir J. 2006 : Présence et comportement de *Cladosporium herbarum* lors de l'affinage des fromages. Revue Française de Microbiologie Alimentaire, 21(4), 245–252.

Bertrand F. 1988 : Le fromage grand oeuvre des microbes. Revue général du froid, 78, 519 527 p

Bintsis T et Papademas P. 2024 : The Application of Protective Cultures in Cheese: A Review, mdpi, Fermentation, 10(3). 117

Biochard D. 1986 : Relation entre production et fertilité chez la vache laitières. Revue : Elev.Et

Inse. N° 213, p : 15-23.

Bockelmann W, Portius S, Lick S et Heller K. J. 1999 : Sporulation of *Penicillium camemberti* in submerged batch culture. *Systematic and Applied Microbiology* 22, 479-485

Botton B, Breton A, Fevre M, Gauthier A, Guy P et Larpent J.-P. 1990 : Moisissures utiles et nuisibles : Importance industrielle. Paris, France : Masson.

Bouheraoua C. 2023 : Mémoire de fin d'études : Contrôle des paramètres physicochimiques et microbiologiques durant le processus de fabrication du camembert, Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité, université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Branchet, Florian. 2013 : Le fromage artisanal français. Mémoire de master : nouvelles pratiques alimentaires. L'école de design Nantes atlantique. 49 pages.

-C-

Chekired N et Chekired A. 2021 : Standardisation du lait pour la fabrication du fromage : ajustement de l'extrait sec et de la matière grasse. *Revue Algérienne des Sciences et Technologies Laitières*, 5(1), 45–52.

Choisy C, Desmazeaud M, Gueguen M, Lenoir J, Schmidt J. L And Tourneur C. 1997 : Les phénomènes microbiens. In *Le fromage*.

Cholet O. 2006 : Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire (Thèse de doctorat, INAPG/AgroParisTech).

Codex Alimentarius Commission. 2001 : General Standard for Cheese (Codex Stan A-6 1978, Rev. 1-1999, Amend. 2001). FAO/WHO.

Cogan T. M. 2011 : Role of water activity in cheese microbiology and maturation. Dans P. F. Fox, P. L. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (vol. 1). Academic Press.

Coulon J.B et Hoden A. 1991 : Maitrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim*, 361-367 p.

-D-

Dellaglioet F, De Roissart H, Torriani S, Curk, M.C. et Janssens D. 1994 : «Caratéristiques générales des bactéries lactiques ». P : 25-116. In : De Roissart, Luquet F.M. (ed) *Bactéries lactiques*. Vol 1. Loriga Uriage, Paris, France

Demeffe, J et Vercaigne P. 2016 : Défauts de surface en fromagerie : rôle de *Pseudomonas fluorescens* dans la pigmentation et la détérioration de la croûte. *Revue Internationale des Sciences laitières*, 12(3), 210–218.

Desfleurs J. 1968 : Histoire du Camembert. Paris : Éditions Laitières Françaises.

Desfleurs M. 1980 : Accident et défaut des fromages à pâte molle remèdes à Apporter. Publication de la société Lacto – France

Desmazeaud M.J et De Roissard H. 1992 : Métabolisme général des bactéries lactiques, Aspects fondamentaux et technologiques. Ed. Loriga Uriage. 1, 169-207

DiversiFerm. 2014 : À Propos Du Lait Cru 2014.

Dorling K. 2009 : The finest selection world cheese book (Trad. Jean-René Dastugue, éd. Fr. Stéphanie scudiero & Brigitte Balmes, pp. 10-15). Editions Milan, 2010.

Dumas B. 1984 : Les moisissures utiles en fromagerie : flore de surface et affinage. Paris : Éditions Techniques Agricoles.

-E-

Eck A et Gillis J.C. 2006 : Le Fromage. Techniques et Documentation, 3emeEd. Lavoisier, Paris.

Eck A et Gillis J.C. 1997 : Le fromage de la science à l'assurance qualité. 3emeédition. Technique et documentation, Lavoisier, Paris.

Eck A. 1990 : Le Fromage 3eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris

Eck A. 1997 : Le fromage. 4ème édition. Lavoisier, Paris.

-F-

FAO. 1997 : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine – Fromages. Consulté le 9 mai 2025, à l'adresse : <https://www.fao.org/4/t4280f/T4280F0f.htm>

Fleet G.H. 1999 : Microorganisms in food ecosystems. *International Journal of Food Microbiology* 50, 101-117p.

Patrick F, Fox, Timothy P, Guinee , Timothy M, Cogan , Paul L. H, Mcsweeney . 2017 : Fundamentals of Cheese Science. Springer nature Link. Second idition.

Fredot E. 2006 : Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

Fröhlich-Wyder M.T. 2003 : Yeast in dairy products. In *Yeasts in Food*, pp. 209-237. Edited by T. Boekhout & V. Robert. Hamburg: Behrs Verlag, Germany. Rustica Editions.

-G-

Gaucheron F. 2004 : Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier. P: 494-783.

Gésile-Callon, M Montel, M. C et Coton E. 2011 : Microbiologie du lait cru et des fromages au lait cru. In M. C. Montel (Ed.), *La qualité des produits laitiers fermiers*. Éditions Quae.

Gelais, D. D, Roy D et Simard R. E. 2002 : Microbiologie des fromages. In A. Law & M. Tamime (Eds.), *Technologie des fromages*. Paris : Lavoisier

Gemrcn. 2009 : Groupes d'aliments : fromages fondus — recommandations nutritionnelles. Groupe d'Étude des Marchés de Restauration Collective et de Nutrition. Ministère de la Santé.

Genigeorgis C, Carniciu M, Dutulescu D, Farver T.B. 1991 : Growth and survival of *Listeria monocytogenes* in market cheese stored at 4 to 30°C. *Journal of Food Protection* 54, 662-668.

Ghazi K et Niar A. 2011 : Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret (Algérie), *TROPICULTURA*, Vol. 29 N°4.

Gillis J.C. 2004 : Manuel du salage en fromagerie - Théorie et pratiques. Arilait Recherches, Paris.

-H-

Halzoun F. 2015 : Evolution de la lipolyse et protéolyse et recherche d'activité anti-oxydante au cours de l'affinage des fromages à pâte molle type camembert. Spécialité : Biochimie Appliquée. Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou.

Hamitouche M et Aiche Z. 2018 : Essai de production d'un fromage à pâte molle type Camembert à partir de deux agents coagulants (vinaigre blanc et vinaigre de pomme). Mémoire de Master en Biotechnologie microbienne. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira. 99 pages.

Hui Y. H, Meunier-Goddik L, Josephsen J, Nip W. K et Stanfield P. S. (Eds.). 2004 : *Handbook of food and beverage fermentation technology* (Vol. 134). CRC press

-J-

Jacquet J. 1969 : Les antibiotiques dans le lait et les produits laitiers. Econ, méd, anim.10, 13-17.

Jakob S, Hoffmann I et Schmid A. 2008 : Nutritional composition of cheese: vitamins and trace elements. Journal of Dairy Science, 91(6), 2251–2262. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0680>.

Jean C et Dijon C 1993 : Définissent l'acidité naturelle et développée du lait : acidité naturelle due à la caséine, aux groupes phosphate, CO₂ et acides organiques

Jeantet R, Croguennec T et Schuck P. G. B. 2007 : Science des aliments biochimie, microbiologie, procédés et produits. pp. 456 pages.

Joffin C et Joffin J.N. 2025 : Microbiologie alimentaire (Nouvelle édition actualisée, p. 142). Paris : Lexitis Éditions.

Journal officiel de la République algérienne : Arrêté relatif aux résidus d'antibiotiques dans le lait. N°39, 2 juillet 2017.

-K-

Kamilari E. Stanton C. F, Jerry Reen R, Paul Ross. 2023 : Uncovering the Biotechnological Importance of Geotrichum candidum, mdpi, Foods, 12(6)

König H et Fröhlich J. 2009 : Biology of microorganisms on grapes, in must and in wine. Springer- Verlag. Berlin. Heidelberg, 18-20p.

-L-

Lamontagne M, Champagne Claude P, Reitz-Ausseau J, Moineau S, Gardner N, Lamoureux M, Jean J et Fliss I. 2002 : Microbiologie du lait in « science et technologie du lait ». Presses Internationales Polytechnique. Canada

Leclercq Perlat M.N, Buono F, Lambert D, Latrille E, Spinnler H.E et Corrieu G. 2004 : Controlled production of Camembert-type cheeses. Part 1: Microbiological and physicochemical evolutions. J. Dairy Sci. 71(3) : 346-354p.

Leclercq Perlat M.N, Picque D, Riahi H et Corrieu G. 2006 : Microbiological and biochemical aspects of Camembert-type cheeses depend on atmospheric composition in the ripening chamber. J. Dairy Sci. 89(8): 3260-3273p.

Lefrileux Y, Dubois P et Martin S. 2016 : Gestion des atmosphères et microflore en

affinage fromager. Revue Française de Technologie Laitière, 35(4), 215–227.

Leghlimi, H. 2013 : Cellulases de souches fongiques issues du sol d'un milieu extrême (sol proche de sources thermales) : sélection des souches et étude des caractéristiques des enzymes. Thèse de Doctorat, spécialité Biotechnologie – Génie microbiologique, Université de Constantine 1, cote DBI/071

Lenoir J, Lambert G, et Schmidt J.L. 1983 : L'élaboration d'un Fromage. Exemple Camembert pour la Science. Pp .93.

Lenoir J. 1983 : The surface microflora and their actions during cheese ripening. International Dairy Federation. Bull. FIL-IDF 171: 3-19p.

Leroy A.M. 1965 : « Le producteur du lait «guide du contrôle laitier et beurrier agrude».

Lessard M.H. 2014 : Le suivi de la croissance et de l'activité spécifique des mycètes pendant l'affinage du camembert. Thèse de doctorat. Université Laval. Canada

Leyral G et Vierling E. 2007 : Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires. 4ème édition biosciences et techniques, p 87.

Lindgren S.E et Dobrogosz W.J. 1990 : Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. FEMS Microbiol. Rev. 87: 149-164.

Lounes M. 2024 : Affinage du Fromage Industriel à Pâte molle type Camembert obtenu à partir de lait de vache, Biochimie de la Nutrition, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, p37

Luquet F.M. 1990 : Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris

-M-

Mahaut M, Jeantet R, Schak P, Brul G. 2000 : Les produits laitiers. Edition Tec et Doc, Lavoisier. Paris P, 26-180.

Mahieu H, Luquet F. M et Mouillet L. 1977 : À propos de l'évolution de la contamination du lait par des résidus de pesticides organochlorés entre 1970 et 1976. Le Lait, 57(569-570), 663–702. <https://doi.org/10.1051/lait:1977569-57030>

Majdi A. 2009 : Séminaire sur les fromages AOP et IGP .INT-Ingénieur agronomie ,88pages.

Mahaut P, Duboz G et Mollé D. 2000 : Influence des conditions de salage et d'égouttage sur le développement de *Geotrichum candidum* et les défauts de surface des fromages à pâte molle. Le Lait, 80(4), 345–352

Marshall V.M.E et Law B.A. 1984 : « The physiology and growth of dairy lactic acid bacteria ».P : 153-186. In : De Davies F.L., Law B.A. (ed) Advances in the Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk. Elsevier Applied Science Publisher

- Martley F. G. 1975** : Comportement et rôle des streptocoques lactiques du levain en fabrication de Camembert. Le Lait, 55(545-546), 310-319.5
- Mathieu H. 1998** : Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.
- McSweeney P. L. H. 1998** : Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic & Professional (Chapman & Hall), London.
- Mc Sweeney P.L.H, Ottogalli G. and Fox P.F. 2004** : Diversity of Cheese Varieties: An Overview. Pp. 1-22. In Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups. Third edition, Ed. P.F. Fox, P.L.H. Mcsweeney, T M. Cogan and T.P. Guinee. Amsterdam. 434p.
- McSweeney P.L.H et Sousa J.M. 2000** : Biochemical Pathways for the Production of Flavour Compound in Cheese During Ripening: Review Milk n° 80. P : 293 à 324.
- Mdahou A. 2017** : Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industrielle à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ces aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en production et biotechnologie animales, université d'Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 132p.
- Meyer C et Denis J.P. 1999** : Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux
- Michel A.W. 1998** : Composition et valeur nutritive du lait, Essentiels Laitiers: Lactation et Récolte du Lait, 4 p
- Michel M. 2005** : Détection des résidus d'antibiotiques dans le lait de chèvre.
- Mietton B. 1995** : Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. Revue des ENIL. 189, 19-27 p.
- Misterraclette. 2024** : Comment le fromage est-il inventé ? Histoire et secrets. Misterraclette. <https://www.misterraclette.ch/blogs/blog-raclette/invention-fromage>.

-N-

Neelakanten J, Shahani K.M, Arnold R.G. 1971 : Lipases and flavor development in some Italian cheese varieties. Food Production Développement, 5,52- 58.

Nouari L, et Bouziani I. 2018 : Essai De Fabrication D'un Fromage Type Camembert à L'unité De Wanis. Mémoire de Master en Microbiologie Appliquée. Université de Djilali Bounaama Khemis Miliana. 112 p.

-P-

Parente E et Cogan T.M. 2004 : Starter cultures: general aspects. In : Fox, P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T.M. et Guinee, T. P. (Eds.), Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. I. Chapman and Hall, London, 123-148p

Papilles et Pupilles. 2013 : Camembert : un fromage à pâte molle et à la croûte fleurie. Consulté le 27 mai 2025, à partir de <https://www.papillesetpupilles.fr/2013/06/camembert.html/>

Pougheon S et Goursaud J. 2001 : [Titre de l'étude sur les facteurs influençant la composition du lait].

Pradal M. 2012 : La transformation fromagère caprine fermière (chapitre 3, classification et caractéristiques des fromages). Mémoire/ebook, édition numérique

Prescott L. M, Harley J. P et Klein D. A. 2010 : Microbiology (8th ed.). McGraw-Hill Higher Education.

Pringsulaka O, Thongnam N, Suwannasai N, Atthakor W, Pothivejkul K et Rangsiruji A. 2011 : Partial characterization of bacteriocin produced by lactic acid bacteria isolated from Thai fermented meat and fish products. Food. Control : 23 : 547-551p.

-R-

Ramdani A. 2008 : La valeur nutritive des fromages et ses effets sur la santé. Éditions Nutrition & Santé.

Ramet JP. 1985 : La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.

Règlement (CE) n° 2073/2005 : Commission Européenne, relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

Robinson R.K. 2002 : Dairy microbiology handbook: The microbiology of cheese and fermented milk (3rd ed.). Wiley-Interscience.

Rozier E. 1986 : Microbiologie du lait : qualité et hygiène (vinaigres, moisissures...).

-S-

Salminen S, Wright A.V et Ouwwehand A. 2004 : Lactic acid bacteria. Microbiological and functional aspects. Marcel. Dekker. Inc., U.S.A

Saoucha A. 2017 : Caractérisation physico-chimique du lait et techniques de mesure de la densité.

Sebbane H, Almi D, Hadouchi S, Hedjel L, Smail-Saadoun N et Mati A. 2021 : Microbiological and physicochemical changes during ripening of Camembert cheeses made from raw and pasteurized cow milk produced in Tizi-Ouzou (north of Algeria). Indian J. Dairy Sci, 74, 18-29.

Shutterstock. 2025 : Maasdam cheese. Retrieved, from <https://www.shutterstock.com/fr/search/maasdam-cheese>

Sicard M. 2010 : Méthodes, concepts et outils des systèmes complexes pour maîtriser les procédés alimentaires. Application à l'affinage de camemberts. Thèse de doctorat des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Spécialité Génie des Procédés Alimentaires. Agro Paris Tech.

Spinnler H.E. 2017 : Cheese ripening. In: Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH (eds). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 4th ed., Vol. 1. Academic Press, pp. 397–439.

Sraïr M.T, Sahraoui T et Soukehal M. 2005 : Évolution de la filière laitière en Algérie : consommation, production et défis. In Actes du Colloque sur les produits laitiers en Afrique du Nord, Alger.

St-Gelais D et Tirard-Collet P. 2000 : Le fromage : In : « science et Technique du lait : transformation du lait » Ed : presses internationales polytechnique, Montréal.

-T-

Taleb Bendiab F. 2017 : Caractérisation de la flore thermorésistante de la poudre de lait commercialisée en Algérie : Contrôle physico-chimique et microbiologique du camembert (Mémoire de Master, Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Département de Biologie, Laboratoire Laprona).

TAO, Poumeyrol. 1985 : Étude sur l'apparition et la diffusion de la résistance bactérienne liée à l'usage d'antibiotiques. Communication / rapport, 1985.

Toureau V, Bagieu V, et Le Bastard A.M. 2004 : Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication

-V-

Vassal L, Monnet V, Bars D. L, Roux C et Gripon J. C. 1986 : Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. Lait 66, 341-351

Vassal L et Gripon J.C. 1984 : L'amertume des fromages à pâte molle de type camembert: rôle de la présure et de *Penicillium caseicolum*, moyens de la contrôler. Le lait, 64(643-644), 397-417.

Veisseyre R. 1975 : Technologie du lait : constitution, récolte, traitement, et transformation du lait. 3^{ème} édition, la maison rustique. Paris, 1-3 p.

Veisseyre R. 1979 : Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation de lait. 3^{eme} édition. Edition la maison rustique, Paris. pp : 112- 133

Vignola carole L. 2002 : Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada

-W-

Walstra, P, Wouters J. T. M et Geurts T. J. 2006 : Dairy Science and Technology (2nd ed.). CRC Press.

Walstra P et Jeannes R. 1984 : Dairy chemistry and physics. Last edition, New York,

Wolter R. 1988 : Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition, éditions France agricole. Paris. USA.

-Y-

Yang. 2013 : Effects of seasonal change and parity on raw milk composition and related indices in Chinese Holstein cows in northern China. Journal of Dairy Science, 96(11), 6863–6871.

Yıldız F. 2010 : Developpement and manufacture of yougurt and other dairy products, CRC Press Taylor &Francis Group, USA, 435p.

Annexes

Annexe 01 : Préparation des solutions pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques

1. Préparation de la phénolphtaléine

Phénolphtaléine	1 g
Alcool 95 %	120 ml
Eau distillée	80 ml

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

NaOH	1 g
Eau distillée	250 ml

3. Gélose de CHAPMAN

Tryptone	5,0 g
Peptone pepsique de viande	5,0 g
Extrait de viande	1,0 g
Mannitol	10,0 g
Chlorure de sodium	75,0 g
Rouge de phénol	25,0 mg
Agar-agar bactériologique	15,0 g
pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C	7,4 ± 0,2

4. Gélose *Salmonella-Shigella* (SS Agar)

Extrait de bœuf	5,0 g
Digestion pancréatique de caséine	2,5 g
Digestion peptique de tissu animal	2,5 g
Lactose	10,0 g
Sels biliaires	8,5 g
Citrate de sodium	8,5 g
Thiosulfate de sodium	8,5 g
Citrate ferrique	1,0 g
Rouge neutre	0,025 g
Gélose	13,5 g
Vert brillant	0,330 mg
pH du milieu prêt à l'emploi	7,2 ± 0,2

5. Gélose nutritive (GN)

Peptone.....	15g
Extrait de levure	3g
NaCl	6g

Agar15g
Eau distillée1000ml
- PH 7.5±0.2

Annexe 02: Extrait du journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 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		