



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
scientifique*

جامعة جيلالي بونعامة خميس مليانة

Université de Djilali BOUNAAMA Khemis Miliana

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de: Biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière: Sciences biologiques

Spécialité: microbiologie appliquée

Thème

***Essai De Fabrication D'un Fromage Type
Camembert à L'unité De Wanis***

Présenté par :

M^{elle} : NOUARI Leila

M^{me} : BOUZIANI Ibtissam

Soutenu le: 30 /06/2018, Devant le jury:

Présidente : Mme SAADI.F

MCB

Université Djilali BOUNAAMA

Promoteur : Mr AMROUCHE.Z

MAA

Université Djilali BOUNAAMA

Examinatrice: Mme HALFAOUI.Z

MAB

Université Djilali BOUNAAMA

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Avant tout nous remercions « Allah » le tout puissant qui nous a éclairé le chemin de la réussite et nous a donné beaucoup de courage, de la volonté et la santé de finaliser ce travail pour être bénéficié et bénéficiaire.

*Nous remercions notre merveilleux promoteur **Mr AMROUCHE Zoheir** maître assistant à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djilali BOUNAAMA de Khemis Miliana.*

Qui nous a aidé et dirigé tout au long de ce travail, nous lui adresserons un grand merci pour la confiance témoignée, l'autonomie accordée tout au long du déroulement du travail, nous remercions aussi très vivement, Il a toujours été disponible pour répondre à nos questions.

Nous exprimons toute notre gratitude aux membres de jury :

***Mm SAADI. F** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury. Et de vous remercier pour tout ce que vous avez apporté tout au long de nos études.*

***Mm HALFAOUI.Z** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nos plus vifs remerciements s'adressent au personnel de la laiterie de Wanis et ceux du laboratoire microbiologique et physico-chimique pour leur patience et leurs précieuses aides, pendant la réalisation de ce travail.

*En particulier à notre maître de stage **Mr « CHIKHI Mourad »** directeur de production.*

*Nous vous remercions d'avoir enrichis nos connaissances et de nous avoir guidés durant toute la période du stage et nous avons grandement apprécié
Votre soutien, votre implication et votre expérience.*

Dédicace

Avec un énorme plaisir et un cœur ouvert, J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail à :

Je m'incline devant Dieu Tout - Puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir.

A celle qui m'a donné la vie, qui a été toujours Mon support dans cette vie, qui me donne le courage éclatant pour continuer à chaque fois que j'ai l'impression de reculer,

*A la lumière de ma vie **ma mère**, source de tendresse*

Que dieu le garde et le protège.

A mon cher père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager ; à me donner de l'aide et à me protéger.

Que DIEU le protège et le donne la pleine santé et le plein bonheur du monde.

*Merci beaucoup **Papa** et **Maman** je vous aime beaucoup.*

Allah ykhalikome liya.

A mes chers frères Samir, Ahmed, Abderrahmane, Ismail, Walid et Toufik

Que Dieu les garde pour moi.

A mes sœurs Anissa, Imane et Samia et spécialement Hizia pour son aide pendant la durée de formation.

Je lui souhaite tout le bonheur durant sa vie.

A mes très chères grandes mères (Nana Fatma et Djedda Kaltoum).

A mes nièces : Nerjes, Nour elhoda, Israa, Adam, Abdrrahim, Taissir, Ranim, Aya, Nasrallah, Nourhane et Rihame.

A mes oncles et mes tantes surtout khali Abdelkader.

A tout la famille NOUARI, BOUHALLAB.

Une spéciale dédicace à mes collègues: Naima A, Saliha, Naima M, Assia, Radia, Khadīdja, Sara, Hafida, Saida, Fatima et Nadia.

Sans oublier mes amies de section microbiologie appliquée promo 2017/2018.

Mes enseignants pondant les Cinq années de formation.

A tous ceux que je porte dans mon cœur.

Leila



Dédicace

- ❖ *En ce jour solennel qui mémorise la fin de mes études, Je m'incline devant **Allah**
Tout - Puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir*
 - ❖ *Je dédie ce mémoire symbole d'une ardente attente :*
- ❖ *Ames parents, la femme la plus patiente, ma très chère **MAMA**, source d'affection
de courage et d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.*
- ❖ *Mon idéal, l'être le plus généreux, mon cher **PAPA**, source de respect, en témoignage
de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a
toujours apporté, (Fetouma et Abdelkader) qui ont été toujours à mes côtés pour
terminer mes études*
 - ❖ *Merci beaucoup **PAPA** et **MAMA** je vous aime beaucoup.*
 - ❖ *Qu'**ALLAH** vous protège*
- ❖ *Puis à mon partenaire dans la vie mon cher mari **Chamse Ddine** et toute famille
Abbas*
- ❖ *Ames frères : Rachid et sa femme Mahdia, Mahmoud et sa femme Abla, et Abd
Elbaki*
 - ❖ *Qu'Allah les garde pour moi.*
- ❖ *Ames sœurs Fatima Zahra, Nassira, Nawal, Hadjira, Fayza, et Lamia, et leurs maris*
 - ❖ *Je lui souhaite tout le bonheur durant la vie. Sans oublier Yasmina Allah yarhmha*
 - ❖ *Atoutes les enfants : Fadwa, Iman, Iliyas, Omar Younes, Hiba, Abd El Wahab, Abd
ElRezek, Anes, Younes, Sami, Wassim, Lina, Mohamed Amin, Abd ELlatif, Sondous,
Mouna, Iman, Roeya, Rahik et Ghofran.*
 - ❖ *Ames très chères grandes mères lhadja Mouna et lhadja Zohra et grandes pères
(Allah yarhamhom).*
 - ❖ *Atout la famille BOUZIANI, SELMAN et sans oublié la famille ABBAS.*
- ❖ *Une spéciale dédicace à mes très chères amies : Zahra, Aziza, Leila, Nesrin, Donya
Zed, Djamila, Noura et Amel.*
- ❖ *Atous ceux que je porte dans mon cœur. Sans oublier tous les professeurs de
l'enseignement supérieur et surtout mon encadreur Mr Amrouche.*



IBTISSAM

Résumé

Au cours de notre étude, nous avons suivi le procédé de fabrication du fromage à pâte molle type camembert à la laiterie de Wanis, dans le but de faire un essai de fabrication de ce type de fromage à base de lait cru de vache au niveau de laboratoire de la laiterie. Cette dernière nous a fournie de la matière première utilisée dans notre procédé de fabrication. Cette étude consiste aussi à faire un contrôle physico-chimique de la matière première « lait cru de vache », et un contrôle de qualité physico-chimique, microbiologique, organoleptique et rhéologique de notre produit fini. Dans notre essai on a appliqué une recette basée sur l'utilisation de deux types de ferments : ferments lactiques *Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophilus* et ferments fongiques *Penicillium camemberti* et *Geotrichum candidum*. Les résultats des analyses physico-chimiques du lait et du camembert montrent que notre produit fini est de bonne qualité selon les normes exigées. Les résultats des analyses microbiologiques du notre camembert indiquent que ce produit ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication, ceci indique la bonne maîtrise de procédé de fabrication donc notre produit est de qualité acceptable de point de vue microbiologique. Le profil sensoriel de produit fabriqué est agréable aux points de vue organoleptiques. Les résultats des analyses rhéologiques par rapport à un produit commerciale de référence de montrent que notre produit est de qualité rhéologique acceptable. On conclut que le camembert fabriqué est de qualité alimentaire, sanitaire et microbiologique acceptable.

Mots-clés : lait cru, pâte molle, camembert, ferments, contrôle microbiologiques, contrôle physico-chimique, analyses rhéologiques, analyses sensorielles, essai de fabrication.

عملية	الكممبير	ونيس	تهدف	لتصنيع هذا
بواسطة حليب				
هذه أيضاً	مراقبة النوعية الفيزيوكيميائية للمادة الاولية "حليب"	"	الفيزيائية والكيميائية والحسية	
والريولوجية النهائي.	اختبارنا هذا	بتطبيق	مبنية	نوعين
	<i>Lactobacillus lactis, Streptococcus thermophilus</i> : الخمائر اللبنية			
	<i>Penicillium camemberti et Geotrichum candidum</i> : الخمائر الفطرية			
حيث ان	التحليل الفيزيوكيميائية للحليب	كممبير تظهر	النهائي نوعي	للمعايير . تشير
التحليل الميكروبيولوجية للكامبير	هذا	يشكل	المستهلك لأنه	يحتوي بكتيريا
التسمات الغذائية وهذا يشير	عملية التصنيع بحيث يكون		نوعية جيدة على العموم من وجهة	ميكروبيولوجية.
تظهر التحليلات الريولوجية	بالمنتجين المرجعيين. المظهر الحسي للمنتج		من وجهات	الحسية للمتذوقين
التجاريين	ريولوجية	. في النهاية نستطيع القول	الكممبير المصنع ذو قيمة غذائية , صحية وميكروبيولوجية	
غيره	التجارية.			
	المفتاحية: الحليب	العجين	الكممبير	الميكروبيولوجية
	الريولوجية التحليل الحسية , تجربة صناعية			الفيزيوكيميائية التحليل

Abstrat

In our study, we followed the process of making a soft cheese type camembert cheese at the Wanis dairy, which aims to make a trial of manufacturing this type of raw cow's milk cheese at the level of dairy laboratory. The latter has supplied us with the raw material used in our manufacturing process. This study also consists of a physico-chemical control of raw material "raw cow milk", and a physico-chemical, microbiological, organoleptic and rheological quality control of our finished product. In our test we applied a recipe based on the use of two types of ferments: lactic ferments *Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophilus* and fungal ferments *Penicillium camemberti* and *Geotricum candidum*. The results of physicochemical analyzes of milk and camembert show that our finished product is of good quality according to the required standards. The results of the microbiological analyzes of our camembert indicate that this product poses no risk to the health of the consumer because it contains no pathogenic bacteria responsible for intoxication, this indicates the good mastery of manufacturing process so our product is of acceptable quality. microbiological point of view. The sensory profile of the manufactured product is pleasant to the organoleptic points of view.

The results of the rheological analyzes compared to an commercial reference product show that our product is of acceptable rheological quality. It is concluded that the camembert manufactured is of food grade, sanitary and microbiological acceptable.

Keywords : raw milk, soft dough, camembert, ferments, contrôle microbiological control, co physico-chimical control, rhéological analysis, sensory analysis, manufacturing test.

Liste des tableaux

Tableau N°01: composition minéral du lait.....	7
Tableau N°02 : Classification des protéines.....	9
Tableau N°03 : Classification de protéine de lactosérum.....	10
Tableau N°04 : Flore originelle du lait cru.....	14
Tableau N°05 : Composition moyenne comparée du lait et des fromages.....	17
Tableau N°06 : Les différents types des fromages.....	22
Tableau N°07 : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du <i>Camembert</i>	28
Tableau N°08 : Analyse physico-chimique du lait cru de vache.....	56
Tableau N°09 : l'analyse physico-chimique du camembert.....	59
Tableau N°10 : Résultats des analyses microbiologiques du camembert.....	61
Tableau N°11 : résultats obtenues du 1 ^{er} contrôle d'analyses microbiologiques du camembert.....	annexe 4
Tableau N°12 : Résultat de dénombrement des FAMT de 2 ^{ème} contrôle.....	annexe 4
Tableau N°13 : Résultat de dénombrement des coliformes totaux de 2 ^{ème} contrôle.....	annexe 4
Tableau N°14 : Résultat de dénombrement des coliformes fécaux de 2 ^{ème} contrôle.....	annexe 4
Tableau N°15 : Résultat de dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	annexe 4
Tableau N°16 : Résultat de dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réductrice</i>	annexe 4
Tableau N°17 : Résultat de dénombrement des levures et moisissures.....	annexe 4
Tableau N°18 : Résultat de dénombrement du <i>Salmonella</i>	annexe 4

Liste des figures

Figure N°01: Répartition des fractions azotées du lait.....	6
Figure N°02: composition moyenne du lait de vache cru.....	11
Figure N°03: Fromage frais	19
Figure N°04 : Fromage à pâte ferme cuite (Emmenthal).....	20
Figure N°05 : fromage persillé le roquefort.....	22
Figure N°06 : Fromage à pâte molle « camembert ».....	24
Figure N°07: Diagramme de fabrication du camembert au niveau de laboratoire.....	36
Figure N°08: Méthodologie de travail adaptée.....	36
Figure N°09 : Fiche d'analyse sensorielle.....	54
Figure N°10: Résultats de l'acidité et le pH du lait.....	56
Figure N°11: Résultat de la densité.....	57
Figure N°12: Résultat de la température.....	57
Figure N°13 : Résultat de la teneur en matière grasse.....	58
Figure N°14: Résultats de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé.....	59
Figure N°15: <i>penicillium camemberti</i> sous le microscope photonique X40(photo original du camembert industrielle le Zaccar.....).	64
Figure N°16 : Les microorganismes issus de la pâte du camembert sous le microscope photonique G X40 (photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire).....	64
Figure n°17: <i>Penicillium camemberti</i> sous le microscope photonique X40(photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire) avec coloration.....	65
Figure n°18: Les bactéries lactiques issues de la pâte du camembert sous microscope photonique GX40 (photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire).....	65
Figure N°19 : présentation graphique de comportement des pâtes de deux fromages.....	66
Figure N°20 : Pelote de macromolécules enchevêtrées.....	67
Figure N°21 : Macromolécules sous contrainte de cisaillement orientées et	

dispersées.....	67
Figure N° 22 : variation de la valeur G'	68
Figure N° 23 : Les étapes de fabrication du camembert à l'échelle de laboratoire.....	annexe 01
Figure N° 24 : photos des résultats d'analyse microbiologique.....	annexe 03
Figure N°25 : la fiche de dégustation du camembert.....	annexe 05

Liste des abréviations

% : Pour Cent.

Lb : Lactobacillus.

°C : degré Celsius.

°D : Degrés Dornic

A° : Acidité.

A : Absence

AA : Acide Aminé

AFNOR : Agence Française de Normalisation.

àIG : à-lactoglobuline

AT : Acidité Titrable

ATB : Antibiotique.

BL : Bactérie Lactique

BSA : Albumine De Sérum Bovine

P.C : Pénicillium Camemberti

G.C : Geotrichum Candidum

C.F : Coliforme fécaux.

C.T : Coliforme totaux.

CSR : Clostridium sulfito-réducteur

Ech : Echantillon.

ES : extrait sec

ESD : extrait sec dégraissé.

EST : extrait sec totale.

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

FAO : Food and Agriculture Organization.

g : gramme.

Gal: Galactose.

Glu : Glucose.

IND : indénombrable.

ISO: Organisation International de Normalisation

J.O.R.A : Journal Officiel de la république Algérienne.

Kcal : Kilocalorie.

Kg : kilogramme

Lac: Lactose.

MG : Matière grasse

mg: milligramme

ml : millilitre.

mn : minute.

PCA: Plate Count Agar.

pH : Potentiel Hydrogène

Sec : seconde.

SNG : Solides Non Gras

Staph: Staphylocoques

T° : Température

U.H.T: Ultra Haute Température

UFC/g : Unité Formant de Colonie par Gramme.

VF : Viande de Foie.

Gal : Alpha Galactose

Glu : Alpha Glucose

Lac : Alpha Lactose

s1 : Alpha-caséines

Gal : Béta Galactose

Glu : Béta Glucose

Lac : Béta Lactose

: Béta-caséine

: Gamma-caséines

: Kappa-caséines

Table des matières

Résumé

Abstract

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre I : Lait cru

I. définition du lait2

II. Différents types de laits.....2

II.1. lait cru.....2

II.2. lait traité thermiquement2

II.2.1. Lait pasteurisé3

II.2.2. Lait stérilisé3

II.2.2.1. lait stérilisé.....3

II.2.2.2. Lait U.H.T.....3

II.2.3. Lait concentré.....3

II.2.3.1. Lait concentré non sucré4

II.2.3.2. Lait concentré sucré.....4

II.2.4. Lait sec.....4

II.2.5. Le lait en poudre.....4

III. Composition du lait4

III.1 L'eau4

III.2 Matière grasse4

III.3 Matière azotée5

III.4 Les glucides6

III.5 Sels minéraux.....7

III.6. Les protéines.....7

III.7. Les enzymes	10
III.8. Vitamines	11
IV. Les caractéristiques physico-chimiques du lait	11
IV.1. Le pH	11
IV.2 La Densité.....	11
IV.3 Le point de congélation	12
IV.4 L'Acidité	12
IV.5. Viscosité.....	13
IV.6. Extrait sec.....	13
IV.7. Point d'ébullition.....	13
VI. Microbiologie du lait cru.....	13
VI.1 Flore originelle.....	14
VI.2 Flore de contamination	15
VI.3. Flores lactiques	15
Chapitre II : Technologie fromagère	
I. Définition des fromages.....	17
II. la classification des fromages.....	18
II.1. les Fromages à pâte fraîche.....	19
II.2. fromage à pâte pressée.....	19
II.2.1. Les fromages à pâte pressé non cuite.....	19
II.2.2. Les fromages à pâte pressé cuite.....	20
II.3. Fromages à pâtes dures.....	20
II.4. Fromages à pâtes filées.....	20
II.5. Fromages fondus.....	21
II.6. fromage à pâte molle.....	21
II.6.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie.....	21
II.6.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée.....	21
II.6.3. Fromages à pâtes molle, à croûte persillée.....	22
III. Camembert : fromage à pâte molle à croûte fleurie.....	23
III.1. Définition.....	23
III.2. Origine.....	24
III.3. Composition et valeur nutritionnelle	24
III.4. Les matières utilisées dans la fabrication du camembert	25
III.4.1. La matière première.....	25

III.4.2. Les ferments lactiques	25
III.4.2.1. Bactéries	25
III.4.2.1 .1 Les bactéries lactiques.....	25
III.4.2.1.2 Les bactéries d'affinage.....	26
III.4.2.2 Les Levures	27
III.4.2.3 Les Moisissures.....	27
III.4.2.4 Autres microorganismes.....	28
III.4.3 Présure.....	29
IV. Procédé de fabrication du « camembert ».....	29
IV.1. Préparation du lait	29
IV.2. La standardisation.....	29
IV.3. Pasteurisation	30
IV.4. Maturation du lait.....	30
IV.5. Emprésurage et coagulation (caillage).....	30
IV.6. L'égouttage	31
IV.7. Salage.....	31
IV.8. Ressuyage.....	31
IV.9. L'affinage.....	32

Partie expérimental

I. Lieu et période de stage.....	33
II. Matériels	33
III. Méthodes.....	33
III.1. Diagramme de fabrication.....	33
III.1.1. Le lait cru de vache.....	33
III.1.2. Les ferments lactiques.....	33
III.1.2.1. Les mésophiles	33
III.1.2.2.les thermophiles	33
III.1.3.Les ferments d'affinage.....	34
III.1.4. Présure.....	34
III.1.5. Chlorure de calcium CaCl ₂	34
III.2. Méthodes d'analyse.....	36
III.3. Méthode d'analyse physico-chimique.....	37
III.3.1. Matière première : lait cru utiliser pour la fabrication du camembert.....	37

III.3.1.1.	Détection d'Antibiotiques dans le lait par le Beta s.t.a.r. Combo.....	37
III.3.1.2.	Détermination du pH	38
III.3.1.3.	Acidité titrable	38
III.3.1.4.	Détermination de la température et de La densité.....	39
III.3.1.5.	Détermination de la teneur en matière grasse.....	40
III.3.1.6	Détermination de l'extrait sec total.....	41
III.3.1.7	Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée.....	42
III.3.2.	Produit fini : le camembert.....	42
III.3.2.1.	Détermination de la teneur en matière grasse.....	42
III.3.2.2.	Détermination de la teneur en extrait sec total.....	43
III.3.2.3	Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée	43
III.4.	Méthode d'analyse microbiologique	44
III.4.1.	Préparation de la solution mère.....	44
III.4.2.	Les germes recherchés et leurs dénombrements.....	44
III.4.2.1.	Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles.....	45
III.4.2.2.	Dénombrement des Coliformes totaux.....	46
III.4.2.3.	Dénombrement des Coliformes fécaux.....	47
III.4.2.4.	Dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	48
III.4.2.5.	Dénombrement des Clostridium Sulfito-Réductrices.....	49
III.4.2.6.	Dénombrement des Salmonelles.....	50
III.4.2.7.	Recherche et dénombrement des levures et moisissures	51
IV.	Examen microscopique du camembert.....	52
IV.1.	Prélèvement des échantillons.....	52
IV.2.	Principe.....	52
IV.3.	Observation sans coloration.....	52
IV.3.1.	La croute.....	52
IV.3.2.	La pâte.....	53
IV.4.	Observation avec coloration.....	53
IV.4.1.	La croute.....	53
IV.4.2.	La pâte.....	53
V.	Méthode d'analyse Sensorielle	53
VI.	Méthode d'analyse rhéologique.....	55

Résultats et discussion

I.	Résultats des analyses physico-chimiques.....	56
I.1.	Lait cru.....	56
I.1.1.	acidité et pH.....	56
I.1.2.	densité.....	57
I.1.3.	Matière Grasse.....	58
I.1.4.	Extrait sec total et dégraissée.....	58
I.1.5.	Test d'antibiotique.....	59
I.2.	Camembert.....	59
I.2.1.	la matière grasse, EST, ESD.....	60
I.2.2.	Température.....	60
I.2.3.	pH.....	60
II.	Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Camembert ».....	60
II.1.	FAMT.....	61
II.2.	Coliformes totaux	61
II.3.	Coliformes fécaux.....	62
II.4.	<i>Staphylococcus aureus</i>	62
II.5.	Salmonelles.....	62
II.6.	Clostridium sulfito-réductrices à 44°C.....	63
II.7.	Levures et moisissures.....	63
III.	Résultats obtenues de l'examen microscopique du « camembert ».....	63
III.1.	Sans coloration.....	63
III.2.	Avec coloration.....	65
IV.	Résultats des analyses organoleptiques.....	66
V.	Résultats des analyses rhéologiques	66
VI.	Discussion générale.....	69
	Conclusion.....	70
	Références bibliographiques.....	71
	Annexes	

Introduction

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par année. En Algérie le lait et ses dérivés constituent une denrée de grande consommation. Ils sont consommés sous forme de lait reconstitué ou de lait recombinaison, de yaourt, de lait caillé ou de fromage (**Eck et Gillis, 2006**). Il existe des différents types de fromages présentent des caractères spécifiques liés à la fois au mode de coagulation et d'égouttage et à la flore microbienne, qui libère des enzymes responsables de la saveur, de la texture et de l'aspect de la pâte.

Nous avons choisi le Camembert, fromage à pâte molle à croûte fleurie, qui est obtenu à partir du lait cru entier ou standardisé, coagulé par la présure et /ou à l'aide d'enzymes spécifiques et acidifiés. Le caillé obtenu est moulu, salé et affiné.

L'acidification et l'affinage du camembert sont effectués par des levains industriels qui ont une grande importance dans l'économie et présentent une grande utilité du point de vue technologique. Ces levains sont fournis sous forme liquide ou lyophilisée pour permettre la fermentation lactique et le développement des propriétés organoleptiques typiques des camemberts. En effet, c'est à ce moment que la microflore secondaire se développe en utilisant les nutriments présents dans la matrice fromagère, en particulier les protéines et les lipides. La protéolyse et la lipolyse sont reconnues comme étant des voies majeures qui mènent à la production de divers composés d'arômes (**Laithier C., 2011**)

L'objectif de notre travail vise à :

- ✓ Réaliser un essai de fabrication d'un fromage de pâte molle à croûte fleurie type camembert au lait cru de vache à l'échelle de laboratoire suivi d'une fabrication à l'échelle pilote.
- ✓ Réaliser un contrôle physicochimique sur la matière première et le produit fini, ainsi que un contrôle de qualité microbiologique, rhéologique et organoleptique sur le produit fini.

P *artie*
Bibliographique

Chapitre 01

Le lait

I. Définition du lait

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant :

« Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (**Alais, 1975**).

Le lait est une sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites sans y ajouter, destinée à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (**FAO, 1995**).

II. Différents types de lait

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de « laits de consommation » qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle, organoleptique et leur durée de conservation. Ils peuvent être classés en deux catégories ;

- lait cru non traité thermiquement.
- lait traité thermiquement (**Mahaut et al., 2005**).

II.1. Lait cru

Le lait cru recueilli à la ferme par traite mécanique ou manuelle, soit directement transporté au centre de ramassage où il est réfrigéré, soit stocké dans des réservoirs réfrigérés avant le transport dans le cas d'exploitations importantes, dans ces conditions, la flore microbienne est stabilisée (**Guiraud, 2012**). Le lait doit provenir d'animaux sains, soumis à un contrôle vétérinaire, d'une préparation (traite, conditionnement, stockage) effectuée dans des conditions hygiéniques satisfaisantes (**Mahaut et al., 2005**)

II.2. Laits traités thermiquement

Les laits (traités) industriels peuvent consister en une modification de composition (lait écrémé...etc.) et en traitement thermique destiné à éliminer les éventuels germes pathogènes (**Guiraud, 2003**).

II.2.1.Lait pasteurisé

La pasteurisation consiste à porter le lait à une température suffisante et pendant un délai pour détruire les bactéries pathogènes (**Veisseyre, 1979**).

- La pasteurisation inactive la phosphatase du lait cru.
- Immédiatement après la pasteurisation, le lait doit être refroidi pour être ramené, dans les meilleurs délais à une température ne dépassent pas 6°C (**Vierling, 1998**).

II.2.2.Lait stérilisé

Selon le procédé de stérilisation, on distingue le lait stérilisé et le lait U.H.T définis en 1979. Ces laits doivent être stables jusqu'à la date limite de consommation.

II.2.2.1. Lait stérilisé

Le lait stérilisé est obtenu après 20 minutes de chauffage à 120 °C dans un emballage étanche (**Guiraud, 1998**). Conditionné dans un récipient hermétiquement clos, étanche au liquide et au micro-organisme pathogènes (**Leseur & Melik, 1990**), il peut se conserver très longtemps à température ambiante (**Guiraud, 2003**).

II.2.2.2.Lait U.H.T. (Ultra haute température)

Le lait UHT est un lait de longue conservation, stérilisé par upérisation à haute température. Le lait UHT, à un bon goût et n'est guère modifié, il peut se conserver plusieurs mois à une température ambiante (**Alais & Linden, 1997**).

II.3. Lait concentré

La stabilisation du lait peut être assurée par réduction de l'activité de l'eau, on y parvient par élimination partielle de l'eau et l'addition de sucre (**Mahaut et al, 2005**).

II.3.1. Lait concentré non sucré

Ces laits ne doivent contenir qu'un nombre restreint de micro-organismes (cinq ou plus par mL) et doivent rester stables après incubation (**Plus Quellec, 1991**).

II.3.2. Lait concentré sucré

Le lait concentré sucré est le produit d'une concentration partielle du lait suivie d'une addition de sucre (**Michel et al, 2002**).

II.4. Lait sec

Le lait sec destiné à l'alimentation humaine contient :

- moins de 250 000 bactéries aérobies mésophiles par gramme.
- moins de 5 bactéries coliformes par gramme (**Plus Quellec, 1991**).

II.5. Lait en poudre

Selon la législation sur les aliments et drogues du Canada, les poudres de lait sont des produits résultant de l'enlèvement partiel de l'eau contenant dans le lait.

On répartit les poudres de lait en trois catégories : la poudre de lait entière, la poudre de lait partiellement écrémée et la poudre de lait écrémée (**Michel et al., 2002**).

III. Composition du lait

Le lait de vache est un lait caseineux. Sa composition en générale varie en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

III.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus important du lait. Elle représente environ le 9/10 du produit. 95% de l'eau présente sous forme libre qui se congèle à 0°C. Les 5% qui restent se trouvent sous forme liée séquestrée à l'intérieur des micelles protéiques et ne se congèlent pas même à -18°C (**Amiot, 2002**).

III.2. Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (**Luquet, 1985**). Elle est constituée par 98,5% de glycérides, 1% de phospholipides polaires et 0,5% de

substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (**Goursaud, 1985**).

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (**Boutonnier, 2008**).

Cet état globulaire est fragile ; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables; lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (**Madji, 2009**).

III.3. Matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (**Goursaud, 1985**). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble.

La phase micellaire représente la caséine totale (80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles:

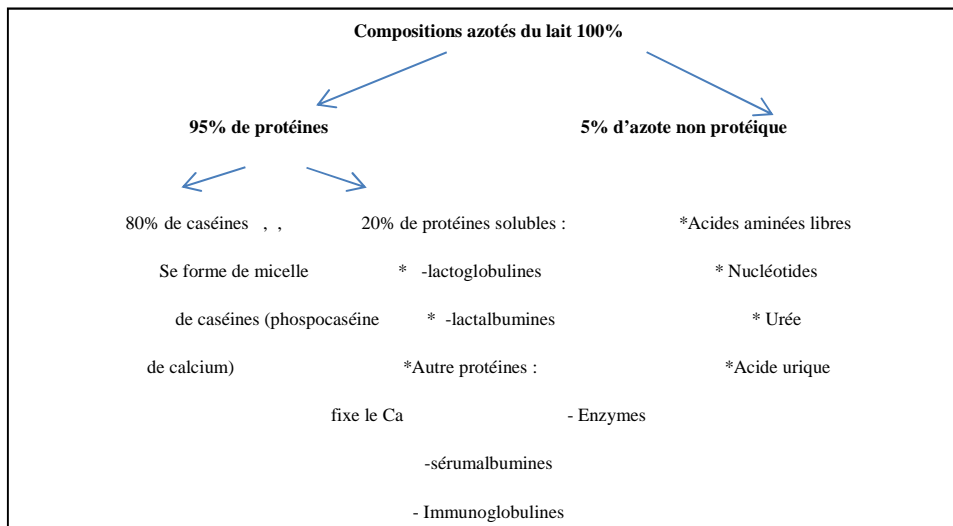
- **Alpha-caséines** ou caséines **s1** 36 % et **s2** 10 %, **Bêta-caséine** ou caséine 34 %, **Kappa-caséine** ou caséine 13 % et **Gamma-caséines** ou caséine 7 % (produits de la protéolyse de la α -caséine) (**Goy et al., 2005**).

Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéines, les caséines, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (**Cayot et Lorient, 1998**). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (**Marchin, 2007**).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (**Ramet, 1985**). L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux

principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (Cayot et Lorient, 1998).

Figure N°01: Répartition des fractions azotées du lait (Cheftel et al., 1992).



III.4. Les glucides

Le sucre principal du lait est le lactose ; c'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. C'est un disaccharide constitué par de l' ou glucose uni à du galactose, ce qui est à l'origine de la présence de 2 lactoses (Luquet, 1985) :

- Glu + Gal Lac hydraté : $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$
- Glu + Gal Lac anhydre : $C_{12}H_{22}O_{11}$

Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (Morrissey, 1995).

- Fermentation lactique : due aux bactéries lactiques naturelles ou ajoutées (ferments lactiques) qui utilisent le lactose en le transformant en acide lactique.
- Fermentation propionique : due aux bactéries propioniques qui transforment le lactose en acide propionique et en acide acétique responsables de la saveur des fromages à pâte cuite et en gaz carbonique induisant l'ouverture de ces fromages (Luquet, 1985).
- Fermentation butyrique : par des bactéries du genre *Clostridium* qui utilisent l'acide lactique déjà produit en le transformant en acide butyrique.
- Fermentation alcoolique : due à des levures qui hydrolysent le lactose en glucose et galactose et qui transforment ensuite le glucose en alcool éthylique.

III.5. Sels minéraux

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine. Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau 2 et de nombreux autres sont présents à l'état de traces. Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (Amiot, 2002).

Tableau N°01: composition minéral du lait (Veisseyre, 1975).

Constituants	Teneurs moyennes g/l
Potassium	1.5
Calcium	1.25
Sodium	0.5
Magnésium	0.13
Chlore	1.0
Phosphore totale	0.95
Acide citrique	1.75

III.6. Les protéines

Les protéines sont des molécules géantes constituées d'unités plus petites, appelées aminoacides(AA). Une molécule protéique contient généralement environ 100 à 200 aminoacides liés. Le lait contient 32 à 36 g/L de matière protéique .Ces protéines se présentent principalement sous deux formes :

* La caséine

La caséine est la principale protéine du lait de vache. Elle représente environ 80 % des protéines contenues dans le lait. Les 20 % restants étant des protéines du sérum. Les caséines sont des polypeptides phosphorés associés surtout à des constituants minéraux, en

particulier le calcium, mais aussi le phosphate, le magnésium et le citrate, de manière à former des micelles de phosphocaseinate de calcium. La taille des micelles se situe entre 100 et 500 nm, avec un diamètre moyen près de 180 nm, et elle varie principalement selon l'espèce animale, la saison et le stade de lactation (**Brulé et al, 1997**). On peut séparer trois composants principaux au sein des caséines: caséine alfa, caséine beta \hat{a} et caséine kappa (Tableau 2). Chaque fraction de caséine a un rôle bien déterminé qu'on peut citer :

La caséine 1: C'est la protéine la plus importante en masse, elle possède 199 AA pour 23 614 g/mol. Cette caséine est très sensible au calcium au pH normal du lait (pH=6,7) : quelle que soit la température et en présence de calcium, on constate une formation de flocons. Dans la micelle, la caséine S1 est peu accessible à la plasmine ; il est donc probable qu'elle se situe au cœur de la micelle masquée par d'autres caséines (**Grippeon, 1960**).

La caséine 2 : Elle représente 8 à 11% de la micelle de caséine, possède 207 AA et 13 à 10 phosphates et son poids moléculaire estimé varie de 25150 à 25390 g/mol. Grâce à la présence des 2 résidus cystéine, les molécules peuvent s'associer en dimères qui s'agrègent entre eux par interactions électrostatiques pour former des polymères. Par sa richesse en phosphate, elle est très sensible au calcium, et comme pour S1, la caséine S2 semble ne pas être en surface de la micelle (**Grippeon, 1960**).

La caséine \hat{a} : Représentant 25 à 35% de la micelle, avec ses 209 acides aminés et ses 5 groupements phosphates, elle possède beaucoup d'analogie avec la caséine S1. Elle est sensible au calcium à température ambiante mais après déphosphorylation (expérience de laboratoire), la molécule perd cette sensibilité et devient capable d'empêcher la précipitation de la caséine S1 par le calcium. Elle est sensible au froid et très hydrophobe (ces zones hydrophobes sont à l'origine de l'association des caséines b entre elles pour former des « néo-micelles ») (**Grippeon, 1960**).

La caséine 2 : Il s'agit des fragments C-terminaux résultant de la protéolyse de la caséine 1 par la plasmine (protéase alcaline du lait) (**Grippeon, 1960**).

La caséine ê : Une grande majorité de cette caséine se trouve à la surface de la micelle, accessible à la présure (**Grippon, 1960**).

Tableau 2 : Classification des protéines (**Brunner, 1981**)

Nom de protéines	% de protéines	Nombre des A.A
caséine	75-85	
Caséine ás1	39-46	199
Caséine ás2	8-11	207
Caséine â	25-35	209
Caséine ê	8-15	169
Caséine ã	3-7	

La caséine est la composante de base du fromage. Dans la fabrication du fromage la caséine est précipitée sous l'effet de l'enzyme présure, et un coagulum se forme, constitué de caséine, de protéines du sérum, de matière grasse, de lactose et des matières inorganiques du lait. La coagulation du lait après addition de présure résulte, entre autres phénomènes, d'une action primaire sur la caséine k (protéolyses entre les acides aminés 105 (Phénylalanine) et 106 (Méthionine) situés à l'extérieur de la micelle) laissant des plages hydrophobes de para-caséine k (les acides aminés 1 à 105 restant fixés à la micelle). Sous l'influence de calcium ionique Ca^{++} dissous, il y a agglomération des micelles dépourvues de caséino-glycopeptide (cas k 106-169 qui se solubilise) en un réseau : le caillé (**Gaursaud, 1990**).

***Protéines de lactosérum**

Les autres protéines du lait sont présentes dans le lactosérum, elles représentent environ 20% des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les protéines sériques sont définies comme étant les protéines solubles présentes dans le lactosérum suivant la précipitation des caséines à pH 4,6 à 20 °C. Les protéines sériques englobent une première fraction protéique (80 %) composée de â-lactoglobuline (â-LG), d' á-lactalbumine (á-LA), d'albumine de sérum bovine (BSA) et d'immunoglobulines, et une deuxième fraction non protéique (20 %) composée de protéases peptones et de composés azotés (**Guiraud, 1998**). On les distingue des caséines par leur composition, leur structure et diverses propriétés :

- leur teneur élevée en lysine, tryptophane, cystéine et autres acides aminés soufrés leur confère une très bonne valeur nutritionnelle.
 - la structure est plus compacte : ces protéines fixent peu les ions et résistent à l'action des protéases.
 - Elles sont plus sensibles à la chaleur car dénaturées par chauffage (à 100°C) et forment des flocons, elles deviennent alors insolubles (sauf les protéases-peptones) (**Alais, 1984**).
- Les protéines de lactosérum peuvent être classées selon le tableau 3 suivant :

Tableau 03 : Classification de protéine de lactosérum (Brunner, 1981)

Nom de protéine	% de protéines	Nombre d'acides aminés
Protéine de lactosérum	15-22	
â -lactoglobuline	7-12	162
á -lactalbumine	2-5	123
Sérum albumin	0,7-1,3	582
Immunoglobuline (G1, G2...)	1,9-3,3	
Protéose-peptone	2-4	

III.7. Les enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases (**Blanc, 1982**).

- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactopéroxydase et lysozyme).
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétylsterase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthinéoxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (**Pougheon, 2001**).

III.8. Vitamines

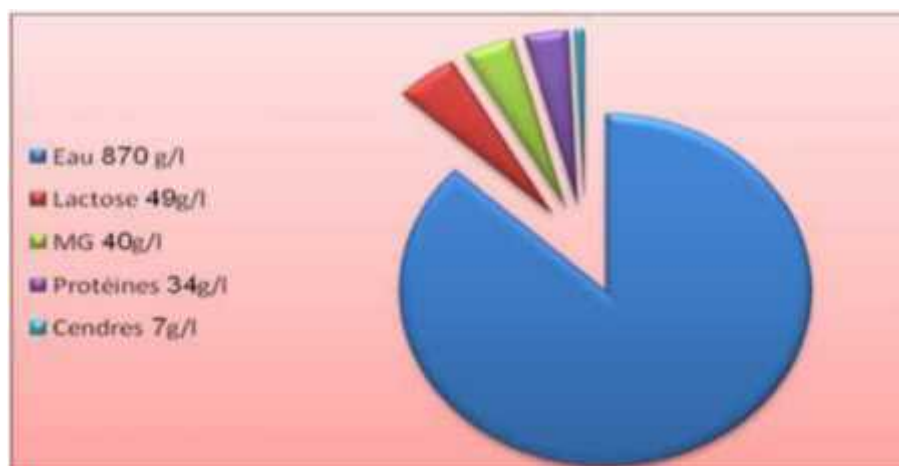
Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique.

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

-les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.

-les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (**Debry, 2001**).

Figure N°02: composition moyenne du lait de vache cru.



IV. Les caractéristiques physico-chimiques du lait

IV.1. Le pH

Le pH permet de mesurer la concentration des ions H⁺ en solution. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement sa stabilité du fait que le pH influence la solubilité des protéines. Le pH du lait de vache se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (**Vignola, 2002**).

IV.2. La Densité

Cette propriété se définit comme étant le rapport de la masse volumique de lait à une température (T) par la masse volumique de l'eau à la même (T). Chacun des constituants agit sur la densité du lait ; étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1. Donc plus un lait ou un produit laitier

contient un pourcentage élevé en matière grasse plus sa densité sera basse. D'autre part, les solides non gras (SNG), ont tous une densité supérieure à 1. On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (**Brulé et al, 1997**). La norme tunisienne exige que la densité du lait cru destinée à la transformation ne soit pas inférieure à 1,028 à une température de 20°C.

IV.3. Le Point de Congélation

Le point de congélation du lait est le seul paramètre fiable pour vérifier un mouillage. C'est la température de passage de l'état liquide à l'état solide.

Le point de congélation du lait de vache, peut varier de - 0,52 à - 0,56°C, toute variation supérieure à - 0,52°C est un indice de mouillage.

Dans ce contexte, il convient également de mentionner que lorsque le lait est exposé à ultra haute température (UHT) ou stérilisation, la précipitation de certains phosphates provoque l'augmentation du point de congélation (**Brulé et al, 1997**).

IV.4. L'Acidité

A la réception de lait, l'acidité titrable (AT) est mesurée pour vérifier la qualité de lait (**Alais, 1975**).

L'acidité permet aussi de savoir si les réactions d'acidification ont commencé (indicateur de l'activité des bactéries lactiques, fermentation). Ce test a l'avantage d'être très facile à mettre en œuvre, peu coûteux et permet de donner un résultat immédiat. L'AT d'un lait normal se situe entre 16 et 18 degrés Dornic (°D), celui d'un lait mammiteux ou de fin de lactation est inférieure à 15°D tandis que celui d'un lait en début de lactation se situe entre 19 et 20°D (**Cecchinato et al., 2009; Tyriseva et al., 2004**).

A l'arrivée dans la laiterie, la mesure d'AT du lait permet de vérifier que la fermentation n'a pas commencé et que la charge microbienne n'est pas trop élevée. L'augmentation de l'acidité du lait lorsqu'elle est involontaire est un signe de mauvaise hygiène et d'un développement intense de micro-organismes (mauvais refroidissement, mauvaise pasteurisation, durée trop longue du transport, par exemple) (**Alais, 1957**).

Lorsque l'acidité titrable est supérieure à 20°D, des problèmes technologiques apparaissent. En effet, un lait d'AT entre 20 et 22°D risque de coaguler pendant la stérilisation et si l'AT est supérieure à 22°D, la coagulation peut être induite au cours de la pasteurisation (Cecchinato et al, 2009; Tyriseva et al , 2004) .

IV.5. Viscosité

Le lait entier et le lait écrémé présentent des viscosités de 2,0-2,1 et 1,5- 1,8 Cp (ou mPa/sec) à 20°C. La viscosité varie non seulement avec les changements de la nature physique (T°C) de la MG (crémosité), mais aussi avec l'hydratation des protéines. Les changements de taille de n'importe quels constituants aboutissent aux changements de viscosité. Quand des globules gras sont subdivisés par l'homogénéisation, une augmentation de la viscosité est observée.

IV.6. Extrait sec

L'extrait sec ou la matière sèche du lait caillé désigne tous ses constituants autres que l'eau. Il doit être au moins égal à l'extrait sec d'un lait normal. La teneur en matière sèche du lait caillé est augmentée par les opérations de poudrage, de sucrage ou de concentration du lait par évaporation (Hermier et al, 1992).

IV.7. Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 C. Cette propriété physique diminuant avec la pression, on applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (Carole Vignolla ,1970)

V. Microbiologie du lait cru

Les microorganismes, principalement, présents dans le lait sont les bactéries. Mais, on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif. Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz, des substances aromatiques, de l'acide lactique, diverses substances

protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (Anonyme, 2009).

L'importance et la nature des bactéries contaminants le lait, dépendent, de l'état sanitaire de l'animal, de la nature des fourrages (Agabriel et al., 1995), mais aussi des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte, de la manutention et de la température de conservation du lait (Robinson, 2002).

V.1. Flore originelle

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes/ml). A sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et est protégé par des substances inhibitrices appelées lacténines à activité limitée dans le temps (une heure environ après la traite) (Cuq, 2007).

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles (Vignola, 2002). Il s'agit de microcoques, mais aussi Streptocoques lactiques et lactobacilles. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation (Guiraud, 2003) et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Varnam et Sutherland, 2001). Le tableau n°04 regroupe les principaux microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

Tableau N°04 : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002).

Microorganismes	Pourcentage (%)
<i>Micrococcus sp.</i>	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10-30
<i>Streptococcus ou Lactococcus</i>	< 10
Gram négatif	<10

V.2. Flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (**Vignola, 2002**).

Ces contaminations par divers microorganismes peuvent provenir de l'environnement *entérobactéries, Pseudomonas, Flavobacterium, microcoques, corynébactéries, Bacillus*, etc., par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait, par le sol, l'herbe ou la litière (tableau N°5). Des contaminations d'origine fécale peuvent entraîner la présence de *Clostridium*, d'entérobactéries coliformes et, éventuellement, d'entérobactéries pathogènes : *Salmonella, Yersinia*. Ceci explique l'importance d'un contrôle rigoureux du lait (**Leyral et Vierling, 2007**).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait, lorsqu'il est issu d'un animal malade. Il peut s'agir d'agents de mammites, c'est-à-dire d'infections du pis : *Streptococcus pyogènes, Corynebacterium pyogènes, staphylocoques*, etc. Il peut s'agir aussi de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait en l'absence d'anomalies du pis: *Salmonella* ; *Brucella*, agent de la fièvre de Malte, et exceptionnellement *Listeria monocytogenes*, agent de la listériose ; *Mycobacterium bovis et tuberculosis*, agents de la tuberculose ; et quelques virus.

Hormis les maladies de la mamelle, le niveau de contamination est étroitement dépendant des conditions d'hygiène dans lesquelles sont effectuées ces manipulations, à savoir l'état de propreté de l'animal et particulièrement celui des mamelles, du milieu environnant (étable, local traite), du trayon, du matériel de récolte du lait (seaux à traire, machines à traire) et, enfin, du matériel de conservation et de transport du lait (bidons, cuves, tanks) (**FAO, 1995**).

V.3. Flore lactiques

La flore lactique est une flore utile, exploitée dans de nombreux processus de transformation du lait utilisant la fermentation lactique, pour ses propriétés acidifiantes et aromatisants. Mais elle se développe rapidement dans les laits non réfrigérés (température 12-15 °C), entraînant une acidification qui compromet les possibilités de traitement thermique du lait et le rend impropre à de nombreuses fabrications dès qu'un certain niveau d'acidité est atteint.

Les principales espèces de bactérie lactiques rencontrées dans le lait et les produits laitiers appartiennent à 6 genres différents : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, et *Entérocoques*.

Il s'agit de germes Gram + anaérobies facultatifs, mésophiles ou thermophiles, dont les activités protéolytique et surtout lipolytique sont généralement réduites, capables de fermenter le lactose en produisant :

-Soit presque exclusivement de l'acide lactique (environ 90%) : ce sont les bactéries homo-fermentaire.

-Soit environ 50% d'acide lactique accompagne d'autres produits de fermentation, notamment gaz carbonique, éthanol et acide acétique : ce sont les bactéries hétéro-fermentaires.

Chapitre 02

Technologie

Fromagère

I. Définition des fromages

Le **codex alimentaire** donne la définition suivante "Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu par coagulation du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Sur le plan nutritionnel, le fromage est un aliment noble grâce à ses protéines de haute valeur biologique et à sa richesse minérale.

La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. (Eck et al., 2006).

Dans la conception traditionnelle, le fromage est le résultat de la coagulation du lait par un ensemble d'enzymes coagulantes, connu sous le nom de présure, suivie de l'élimination partielle du lactosérum (l'égouttage), ce qui laisse subsister un caillé, lequel est à l'origine du fromage. La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais (ECK A., 1997).

Tableau N°05 : Composition moyenne comparée du lait et des fromages (ABDOUNE., 2003).

	LAIT	FROMAGE
EAU	- Environ 87%	- Éliminée en partie par la fabrication. Teneur en eau varie de : 35 % (pâte cuite dure), 50 % (pâte molle), 80 % (Fromage frais)
GLUCIDES	- Lactose 5 %. Les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut être également transformé en alcool.	- Pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication.
LIPIDES	- Environ 4 % * Sous forme de globules gras très petits en émulsion dans le liquide ;	- Se retrouvent dans la majorité des Fromages sauf dans les fromages « maigres » : 23 % fromages à pâte molle, 30 % fromages à pâte dure.

<p>PROTEINES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ce sont en majeure partie des Triacylglycérols (beaucoup d'oléine) Avec un peu de lécithines. 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Environ 3,5 %. Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3 % <p>Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) : 18 % fromages à pâte molle, 19 % fromages blancs au lait écrémé, 24 % fromages à pâte ferme.
<p>MINERAUX</p>	<p>* Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore.</p> <p>Le calcium étant plus abondant que le phosphore, le rapport Ca/ p= 1,39 donc le lait est recalcifiant.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contient aussi potassium et chlorure de sodium : - Pas de fer. *- B₁ en petite quantité - B₂ assez importante. 	<p>* Grande richesse en calcium et en Phosphore, surtout dans les fromages à Pâte ferme rapport Ca / p= 1,26 en Moyenne, donc aliment recalcifiant ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plus au moins riches en chlorures de Sodium selon leur fabrication (adjonction de sel, pâte lavée à l'eau salée, etc...)
<p>VITAMINES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - C en quantité variable dans le lait frais, mais pratiquement détruite au contact de l'air durant les manipulations et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition. - A en quantité importante dans la matière grasse, donc absente dans les laits écrémés. - D en quantité variable selon la saison. 	<ul style="list-style-type: none"> *- Les fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses réalisées par les Moisissures. - Se retrouve dans le fromage selon la teneur en M. grasse.

II. classification des fromages

Certains types de fromage sont produits dans le monde. Leurs différents goûts et textures dépendent de l'origine du lait (y compris le régime alimentaire de l'animal), si le lait a été pasteurisé, du pourcentage de matière grasse, de l'espèce des bactéries et des moisissures

choisis, du procédé de fabrication, ainsi que du temps de maturation. Des herbes, des épices, où la fumaison peut être utilisée pour varier le goût.

II.1. les Fromages à pâte fraîche

Ils ne sont pas affinés et doivent être consommés peu de temps après leur fabrication. Les fromages à pâte fraîche peuvent contenir jusqu'à 70% d'humidité. On trouve dans cette première grande catégorie: les fromages blancs, petits-suisse, double-crème. (FONTENEAU.S)

La pâte fraîche est la base de tout fromage, et existe au début de tout processus de fabrication, avant toute fermentation et tout affinage. La pâte fraîche est faite à partir de lait et pour certains de petit-lait (lactosérum) tiré du lait entier ou écrémé comme le fromage à la crème. D'autres peuvent être enrichis de crème (MALLAY A.M.N., 2012).

La pâte fraîche est d'un blanc éclatant, d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le fromage. Elle se mélange bien à d'autres ingrédients et aromes comme les fines herbes, l'ail, des épices ou des fruits. (MAJDI, 2009).



Figure N°03 : Fromage frais [1]

II.2. fromage à pâte pressée

On peut distinguer deux sous-catégories et qui sont les suivantes :

II.2.1. Les fromages à pâte pressée non cuite

Ils présentent une consistance ferme, ne contiennent que 45 % d'humidité et se conservent plus longtemps que les fromages à pâte molle. Ce sont les camai, tomme, saint-paulin...etc. (FONTENEAU.S).

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue dans une atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal....) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne

doivent être ni desséchés, ni trop faibles, la pâte près de croûte ne doit pas être plus foncée. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (ANONYME 2., 1999).

II.2.2. Les fromages à pâte pressé cuite

Ils subissent un affinage prolongé, contiennent environ 40 % d'humidité, restent fermes et sont souvent de très grande dimension : ce sont les gruyères, emmental, comté... etc. (FONTENEAU.S)

Les fromages à pâte pressé cuite ou pâte dure, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C Puis laissé à l'affinage. Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage, lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiatement à 4°C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait, et nécessite donc un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut avoir pour les industriels l'avantage d'obtenir un goût régulier et une texture régulière (MAJDI, 2009).



Figure N°04 : fromage à pâte ferme cuite (Emmenthal) [2]

II.3. Fromages à pâtes dures

Les fromages à pâte dure sont technologiquement proches des fromages à pâte pressé cuite. Ils sont encore plus riches en matière sèche que les pâtes pressées cuites puisqu'ils en contiennent de 64 à 72 %. Ce sont des fromages saisonniers traditionnellement élaborés pendant la période de forte production de lait durant l'été. Leur forte teneur en matière sèche en fait des fromages de garde, pouvant être conservés de 2 à 3 ans. (MAJDI A., 2009).

Exemples : Asiago, Grana padano, Parmesan...Etc.

II.4. Fromages à pâtes filées

Ce sont des fromages d'origine italienne comme la mozzarella. Ces fromages présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du

brassage en cuve. Après soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés, laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à un ES de 50 à 53% nécessaire pour avoir un bon filage. Le caillé est ensuite découpé en lamelles. Celles-ci sont alors immergées dans de l'eau ou du lactosérum de 70 à 85°C, pendant 10 à 20 min afin de favoriser l'élasticité et le filage. Le conditionnement de ces fromages est varié, il peut être sous forme de balle, de cylindre ou de disque (MAJDI A., 2009).

II.5. Fromages fondus

Il obtenus à partir des fromages à pâte ferme et doivent renfermer au minimum 40% de matière grasse. Ce sont les crèmes, crèmes de gruyère, de chester...etc. (FONTEAUS).

La cuisson et le brassage sont généralement effectués dans des pétrins à double paroi pour atteindre des températures de 90- 95 °C, voire 120- 125 °C pour la stérilisation. La durée de conservation exceptionnelle permet son exportation dans les pays chauds (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).

II.6. fromage à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentarius (Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001) comme étant tous les fromages dont la teneur en eau après élimination des matières grasses est supérieure à 67 %, ils sont des fromages affinés et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée, fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis. Ces fromages ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte.

II.6.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie

Les fromages à croûte fleurie sont recouverts d'une mince couche blanche de moisissure, d'aspect velouté (Camembert, Brie, Brillat-Savarin, Coulommiers). Le salage se fait à sec avec du sel fin additionné de *Penicillium*. Cette croûte fleurie est comestible mais peut avoir un goût prononcé (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).

Ces aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (PRADAL, 2012).

II.6.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être

mis en moule. Ce rompage facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage. (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002). Les fromages à croûte lavée sont soumis à des lavages en saumure légère qui ont pour but de maintenir l'humidité, la souplesse de la pâte et de la croûte, et d'éliminer certains ferments (Munster, Pont-l'évêque, Livarot, Maroille) (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).

II.6.3. Fromages de pâte molle, à croûte persillée

Il s'agit de fromages affinés à pâte légèrement salée, malaxée et d'aspect persillé en raison, des moisissures internes de couleur bleue. Les fromages à pâte persillée (bleue) sont des fromages ni cuits, ni pressés, dont le caillé est d'abord réduit en morceaux, moulé, égoutté, salé, puisensemencé de moisissures telles que *Penicillium roqueforti* ou *P. gorgonzola* déposées dans la pâte à l'aide de longues aiguilles. Tout un réseau de veinures bleu-vert se constitue sous l'action des moisissures, réseau qui se densifie avec le temps. Ces fromages (Roquefort, Gorgonzola, Bleu de Bresse, Bleu Danois, Stilton) ont un goût poivré. Fort et piquant et leur texture est habituellement friable (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).



Figure N°05 : fromage persillé le roquefort [3]

Tableau N°06 : Les différents types des fromages (MAJDI, 2009)

	Fromage de type lactique	Fromage de type présure	Fromage de type mixte
caractéristiques	-Obtenus essentiellement Par coagulation Biologique appelé aussi Coagulation lactique ou Coagulation par Acidification. -Ce sont des fromages à Pâte fraîche. -ils sont fabriqués à une Température qui va de 16 à 23°C. -Ce type de fromage	-Obtenus essentiellement Par coagulation chimique Appelé aussi coagulation Par l'action des enzymes (la présure). -Ce sont des fromages à Pâte pressée, à pâte ferme Cuite et à pâte ferme non Cuite. -ils sont fabriqués à une Température qui va de 34	Obtenus par Coagulation Chimique et par Coagulation Biologique. -Ils sont obtenu par Les deux méthodes De manière Equivalente. -Ce sont des fromages à pâte molle. -Ils sont fabriqués à

	<p>Demande pour ca Fabrication 3 à 10ml de Présure pour 100l de lait.</p>	<p>à 40°C. -Ce type de fromage Demande pour sa Fabrication 25 à 35 ml de Présure pour 100l de lait.</p>	<p>Une température de 28 à 37°C. -Ce type de fromage Demande pour sa Fabrication 15 à 25 MI de présure pour 100 l de lait.</p>
Exemple	<p>Fromage à pâte fraîche : -Petit suisses -Fromage demi-sel -Chabichou -Mothais sur feuille -Rocamadour -Picodons</p>	<p>Fromage à pâte Pressée : -Saint-nectaire -Tome de Savoie -Saint-paulin -Port-salut -Reblochon Fromage à pâte ferme Non cuite : -Cantal -Laguiole Fromage à pâte ferme Cuite : Beaufort Comté, Emmenthal</p>	<p>Fromage à pâte Molle : -Camembert -Brie -Carré de l'est -Bleu -Roquefort -Munster -Pont-l'évêque -Maroille -Livarot</p>

III. Camembert : fromage à pâte molle à croûte fleurie

III.1. Définition

Le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la **Norme générale pour le fromage (CODEX STAN283-1978)**, qui se présente sous la forme d'un cylindre plat ou de morceaux dit cylindre. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage. Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte des moisissures blanches. Le fromage entier peut être coupé ou formé en morceaux avant ou après le développement des moisissures.

Selon **VEISSEYRE (1975)**, le Camembert est défini comme étant un fromage à pâte molle, à caillé non divisé en forme de cylindre plat. Il a un diamètre de 10 à 11 cm et une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et 110 g de matière sèche.

C'est un fromage affiné à moisissures superficielles, originaire de Normandie (France).



Figure N°06 : Fromage à pâte molle « camembert » [4]

III.2. Origine

Il tire son nom du village de camembert près de Vimoutiers (orne) France. À l'origine, fromage fermier, mis au point vers 1796 par une fermière Marie Harel.

A la fin du 19^{ème} siècle, premières installations industrielles en Normandie. Peu à peu, le fromage passe de la ferme à l'usine, il y a cependant actuellement, dans le pays d'auge, encore quelques fabrications fermières. En industrie, son aire de production s'étend aux départements normands, puis au –delà. La technique a subi quelques transformations, et on distingue nettement la fabrication normande de celle des autres régions.

Le syndicat des producteurs du véritable camembert de Normandie a eu une action nette dans la conservation de la technique d'origine. On distingue les camemberts normands, ils sont souvent supérieurs à ceux des autres régions (qualité, dimension ...) (**BENLOUCIF R. OULMI A., 2017**)

III.3. Composition et valeur nutritionnelle

Selon son mode d'élaboration, le Camembert renferme 30 à 50 % de matière azotée /matière sèche. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (**MIETTON B., 1995**).

De plus, la haute valeur biologique de ces protéines lui est conférée tant par leur composition équilibrée en acides aminés, que par leur propriété de former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

La matière grasse du Camembert (25 à 40%) conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la flaveur particulière conférée au produit fini (**NEELAKANTEN et al., 1971**).

Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restant dans le caillé après égouttage, est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Pour les autres nutriments, le Camembert constitue un apport important en calcium.

(200 à 700 mg/ 100g), en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B),

(ECK A., 1990). Le tableau N°08, donne la Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert (Guégen, 1979).

III.4. Les matières utilisées dans la fabrication du camembert

Le camembert est considéré comme un écosystème, il comporte des microorganismes qui sont essentiels à leur fabrication. Ils participent soit de manière directe avec leur activité métabolique, soit de manière indirecte avec la libération d'enzymes. Dans le domaine de la fabrication fromagère de type camembert, de multiples microorganismes utiles sont impliqués comme les bactéries, les moisissures, les levures d'origine naturels et /ou additionnel, ces micro-organismes sont introduits dans le lait au début de la fabrication sous forme des « ferments », ils sont sous forme lyophilisée, congelée ou liquide et on peut les utiliser soit en pulvérisation, soit versé directement dans le lait avec emprésurage, qui jouent un rôle majeur dans le développement des qualités sanitaires et sensorielles du produit fini.(BENLOUCIF R. OULMI A., 2017).

III.4.1 la matière première :

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions Fromagères tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé.

REMEUF *et al* (1991) soulignent en outre que l'aptitude à la transformation du lait

En fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont :

- sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines)
- sa charge microbienne et la nature de sa microflore
- son aptitude au développement des bactéries lactiques
- enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure

III.4.2 Les ferments lactiques

III.4.2.1. Bactéries

Les bactéries nécessaires à la fabrication des fromages de type Camembert se regroupent en deux principales catégories : les bactéries lactiques et les bactéries d'affinage

III.4.2.1 .1 Les bactéries lactiques

Dans le processus de transformation du lait en fromage à coagulation lactique ou mixte, la microflore lactique est la première flore à intervenir (Stiles&Holzapfel, 1997). On appelle bactéries lactiques des microorganismes assez hétérogènes sur les plans morphologie et physiologie, qui se caractérisent par une production de quantités importantes

d'acide lactique résultant de leur métabolisme des hydrates de carbone (fermentation lactique). Les ferments utilisés pour la fabrication de fromage comprennent principalement les genres des bactéries lactiques *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *streptocoques*, *lactobacillus* et *entérocoques*. Lors de la production, la croissance des bactéries du ferment, flore primaire, est principalement responsable de l'acidification du lait en métabolisant le lactose en acide lactique (lactate) (ABDOUNE, 2003).

Les BL utilisées comme ferment dans la fabrication fromagère ont pour rôles essentiels :

- D'acidifier le lait et le caillé, cette activité est possible d'abord grâce à la présence de l'enzyme β -galactosidase, qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose, Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres.
- De réaliser une fermentation lactique, c'est-à-dire une réaction de transformation du lactose, sucre majoritairement contenu dans le lait en acide lactique.
- D'abaisser le pH par la production d'acide lactique aux dépens du lactose du lait, ce qui favorise la microflore acidophile comme les levures et les moisissures.
- D'augmenter la synérèse du caillé.
- De participer à la formation du goût (protéolyse, production de composés aromatiques et de précurseur d'arômes) et participer à la texture (gélification du produit, modification des conditions physicochimiques de la matière première, enzymes de coagulation, exo-polysaccharides...), donc améliorer la qualité organoleptique des fromages.
- D'augmenter la durée de conservation des fromages.
- D'inhiber la croissance des bactéries nuisibles.

On distingue couramment deux types de ferments : les mésophiles et les thermophiles.

Les ferments mésophiles (ex. *Lactococcus*, *Leuconostoc*) sont en général utilisés pour des variétés de fromage dont la température des caillés pendant la phase d'acidification ne dépasse pas 40 °C, alors que les ferments thermophiles (ex. *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii*) sont plutôt employés dans des variétés de fromage où la température dépasse 40 °C en début de fabrication (Fleet, 1999).

III.4.2.1.2 Les bactéries d'affinage

Les bactéries lactiques ne sont pas les seuls micro-organismes jouant un rôle dans la fabrication du fromage du genre camembert, C'est aussi des bactéries d'affinage « bactéries de surface ». Elles se retrouvent à leur surface, suit à un ensemencement naturel et/ou dirigé. Ces

bactéries sont généralement aérobies se développent en présence d'oxygène, mésophiles et halophiles, elles croissent en milieu salé mais acido-sensible. Le pH en surface doit être supérieur à 5,5 pour permettre leur développement. (BENLOUCIF R. OULMI A., 2017)

Les bactéries de surface jouent un rôle majeur dans l'affinage des fromages, par leurs activités protéolytiques, lipolytiques conduisant à la formation de nombreux composés d'arôme dans la matrice fromagère et à la coloration de la croûte (Mahaut et al, 2000).

La majorité des bactéries isolées de fromages à pâte molle ont le potentiel de contribuer à l'arôme des fromages en dégradant les lipides, les protéines et les acides aminés. Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococaceae* (*Micrococcus* sp. Et *Staphylococcus* sp.) Et des *Corynebacteriaceae* (*Arthrobacter* sp, *Brachybacterium* sp, *Corynebacterium* sp.), mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium linens* (MOUNIER J. et al., 2007).

III.4.2.2 Les Levures

Les levures sont présentes dans le lait cru mais elles sont détruites au cours de la pasteurisation. Les levures trouvées dans les fromages industriels proviennent donc essentiellement de la contamination par l'atmosphère et le matériel de fromagerie, et parfois par un ensemencement volontaire de surface [5].

Elles se trouvent essentiellement sur la surface des fromages à pâte molle (Ex : camembert) qu'à l'intérieur. Les espèces de levures habituellement retrouvées dans les fromages de types Camembert Sont *Debaryomyces hansenii*, *Geotrichum candidum*, *Kluyveromyces lactis*, *G. candidum* favorise la cohésion et le séchage de la croûte et libère des arômes typiques du camembert (Berger et al, 1999).

III.4.2.3 Les Moisissures

Les moisissures sont des microorganismes aérobies obligatoires qui s'établissent surtout à la surface des fromages. Semblables aux levures pour ce qui est condition et des substrats de croissance, les moisissures sont cependant toutes des microorganismes sont cependant toutes des microorganismes aérobies obligatoires. Ainsi elles s'établissent surtout à la surface des fromages. Cependant toutes des microorganismes aérobies obligatoires. Ainsi, elles s'établissent surtout à la surface des fromages (CHAMPIGNY, 2011).

La principale espèce de *Penicillium* utilisée pour les fromages du genre Camembert est : *Penicillium camemberti*, elle est utilisée pour leurs caractères technologiques. *P.*

camemberti (nommé aussi *penicillium candidum*) est la moisissure des fromages à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert (LENOIR et al, 1983). C'est une moisissure filamenteuse, aérobie stricte (Leclercq Perlât et al, 2006). *P. camemberti caseicolum* (anciennement *p. candidum*) se trouve sur les fromages à pâte molle type camembert, brie.

III.4.2.4 Autres microorganismes

D'autres espèces de microorganismes contribuent à l'affinage de certains fromages. Les bactéries corynéformes, les Micrococacceae et les propionibactéries en font partie *Brevibacterium linens*, est l'espèce de bactérie corynéforme la plus connue, Présente à la surface de la plupart des croûtes fleuries, elle caractérise aussi certaines croûtes lavées comme celle du fromage Oka en lui donnant une couleur orangée.

D'ailleurs, une certaine biocompatibilité existe entre ces deux types de microorganismes (CHAMPIGNY, 2011). *Micrococcus* et *Staphylococcus* sont les genres de *Micrococacceae* les plus communs à la surface des fromages.

Ensuite, plusieurs espèces de *Staphylococcus* ont été isolées en quantités importantes de la flore de surface de nombreux fromages. L'espèce pathogène *Staphylococcus aureus* a tendance à disparaître par elle-même en cours de maturation. (BERESFORD et WILLIAMS, 2004).

Tableau N°07 : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du Camembert d'après LENOIR et al (1983)

Groupes microbiens	Origines	Fonctions
Bactéries	-Levain lactique	-Acidification
-STREPTOCOQUES LACTIQUES		
<i>Streptococcus lactis</i>		
<i>Streptococcus Cremoris</i>		
<i>Streptococcus lactis Subsp</i>		
<i>Diacetylactis</i>	-Lait, éventuellement	-Production de
- LEUCONOSTOC	levain	composants d'arôme
		-Production de
-LACTOBACILLES	-Lait	composants d'arôme
<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<i>Lactobacillus casei</i>		
-MICROCOQUES	-Lait, saumure, sel	-Protéolyse, dégradation des acides aminés
		-Protéolyse, dégradation des acides aminés
-BACTERIES CORYNEFORMES	- Lait éventuellement	
<i>Corynebacterium</i>	levain	
<i>Brevibacterium</i>		

Levures <i>Kluyveromyces</i> <i>Debaryomyces</i> <i>Saccharomyce</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, éventuellement levain	Production de composants d'arôme
Moisissures <i>Penicillium Camemberti</i> <i>Geotrichum candidum</i>	-Levain fongique Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, Levain éventuellement	-Désacidification Protéolyse, lipolyse production des composants d'arôme -Protéolyse, lipolyse, Production de composants d'arôme

III.4.3 Présure

La présure d'origine animale constituée principalement de la chymosine et un peu de la pepsine est le coagulant le plus utilisé. Elle appartient à la famille des endopeptidases, c'est-à-dire des peptidases agissant à l'intérieure des chaînes polypeptidiques constituant les protéines. Elles procèdent une activité très spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine-k pendant les fabrications fromagères (**vignola et al., 2002**). La dénomination « présure » est donnée à l'extrait coagulant provenant des caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle contient en réalité deux fractions actives, l'une majeure, constituée par la chymosine, l'autre mineure par la pepsine (**ECK A., 1986**).

IV. Procédé de fabrication du « camembert »

La production de ce type de fromage passe par de nombreuses étapes technologiques dont principalement : maturation, la coagulation, l'égouttage et enfin l'affinage.

IV.1. Préparation du lait

A l'usine, la nécessité de produire des fromages de composition régulière et de qualité hygiénique et organoleptique bonne et constante imposent la mise en œuvre d'une matière première dont le comportement est chaque jour identique. Pour cette raison, on est amené à faire subir au lait des correctifs avant de le mettre en fabrication. La préparation du lait comprend plusieurs opérations (citées ci -après), certaines pouvant être facultatives ou obligatoires selon la technologie, la réglementation, les produits voulus, etc. **[06]**.

IV.2. La standardisation :

La composition du lait est variable, Selon les espèces, le type d'alimentation et les saisons. Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à

élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse (qui doit se situer autour de 28 g/l de lait) et parfois du taux de protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) (ABDOUNE ,2003).

IV.3. Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique qui entraîne la destruction de la plupart des fromes végétatives des micro-organismes banaux, celle de tous les micro-organismes pathogènes. (Guiraud, 2003)

Les laits mis en œuvre dans l'industrie fromagère subissent des traitements thermiques préalables dont l'importance se manifeste dans leur assainissement ainsi que dans leur stabilisation. Selon la température atteinte et la durée du chauffage, le traitement thermique utilisé influe, d'une part, sur la concentration de la flore microbienne initiale et, d'autre part, sur la composition physico-chimique du lait. (ECK A., 1990)

Ainsi, la thermisation (traitement qui a lieu à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est surtout utilisée pour détruire les bactéries psychotrophes, qui se développent dans un lait ayant subi, soit une réfrigération à la ferme, soit un stockage réfrigéré au niveau de la fromagerie. Ces bactéries surtout les espèces des genres : *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* produisent des lipases et des protéases exo-cellulaires résistantes à la pasteurisation (72-74°C, 15-20 sec) et même à la stérilisation UHT (132°C, 1-2 sec) (LENOIR *et al*, 1983).

IV.4. Maturation du lait

Après la pasteurisation, le lait doit mûrir (Anonyme, 1995). la maturation est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer, d'une part, à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification), et d'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique). Le lait (petit volume) estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2% (LENOIR *et al*, 1983). Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées (BERTRAND, 1988). Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que préparé) servira à ensemencer les grandes cuves de coagulation. On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium Camemberti*, ainsi que *Geotrichum candidum*.

IV.5. Emprésurage et coagulation (caillage)

L'emprésurage correspond au moment où l'on ajoute la présure en vue de provoquer sa coagulation, Ce dernier est l'étape la plus importante dans la fabrication du fromage.

Suivi par une coagulation qui se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui résulte dans le cas du Camembert, des modifications physico-chimiques.

Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide). Dans le cas de la coagulation acide (provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne), l'abaissement du pH induit la solubilisation du calcium et du phosphate inorganique. Par équilibre, le pont salin dégarni peu à peu les micelles. Ces dernières, vont se lier entre-elles et former un gel cassant, très friable et peu élastique (**Hardy J., 2004**).

IV.6. L'égouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage. Dans le cas du Camembert, des traitements mécaniques tels que le découpage, le brassage, le moulage et les retournements sont utilisées pour permettre l'élimination du lactosérum (**St Gelais et Tirard-Collet, 2002**). L'égouttage du caillé Camembert est très modéré comparé à d'autres variétés de fromages.

IV.7. Salage

Le salage constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromage à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés ; il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2% (**Ramet, 1985**) ; elle peut s'élever à 3-4% (**Alais et Linden, 1997**).

Brièvement, le salage joue un triple rôle dans la fabrication fromagère:

- ❖ Il complète l'égouttage et contribuera ainsi à la formation de la croûte.
- ❖ Il règle l'activité de l'eau et ainsi favorise ou freine le développement des Microorganismes tout en régulant les activités enzymatique.
- ❖ Il révèle la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes.

IV.8. Ressuyage

Cette étape a pour fonction d'assécher la surface du fromage dans une salle dédiée. L'objectif de cette opération est de favoriser le développement de la flore recherchée, en limitant celui des bactéries et autres indésirables [7].

IV.9. L'affinage

L'affinage est la dernière étape de la transformation fromagère. Sa durée varie de quelques jours à quelques mois selon le type de fromage et ce, afin d'obtenir les qualités texturales et organoleptiques désirées.

Dans le cas des pâtes molles type camembert, l'affinage se fait également de la surface vers l'intérieur, la période d'affinage du Camembert est généralement courte, soit entre 12 et 45 jours et se déroule à une température variant habituellement entre 12 et 14° C. Les fromages sont généralement entreposés dans un lieu d'affinage permettant de contrôler l'humidité relative entre 85 et 95 % (**Cholet, 2006**), Le pH à la fin d'affinage du Camembert atteint environ 7,4 en surface et 6,9 au centre. Les fromages de type camembert sont emballés sous film et boîte en bois ou en carton. Les propriétés des films d'emballage peuvent différer en termes de perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau et permettre ainsi de maîtriser l'évolution de l'affinage jusqu'au moment de la consommation. (**BENLOUCIF R. OULMI A., 2017**)

P

artie

Expérimentale

Chapitre 01

Matériels et

Méthodes

I. Lieu et période de stage

Notre travail a été menée durant la période s'étalant de Février à Mai 2018, au niveau de la laiterie « Wanis lait » localisée dans la région de **Bir Ouled Khelifa willaya de Ain Defla**. Cette laiterie est créée en 20/07/1999, leur capital social est environ 30.000.000,00DA

Elle dispose d'une gamme variée en produits à base de 100% lait de vache, le transport des produits finis sont réfrigérés parmi lesquels, figure le fromage à pâte molle type Camembert, qu'est l'objet de notre essai de fabrication de ce type de fromage « camembert ».

II. Matériels (voir annexe 5)

III. Méthodes

III.1. Diagramme de fabrication

La matière première utiliser dans la fabrication du camembert au niveau de laboratoire est fournie par l'unité de wanis.

III.1.1. Le lait cru de vache

Le règlement européen 853/2004 définit le lait cru:

« Le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage, non chauffé à plus de 40 °C, et non soumis à un traitement d'effet équivalent » (**Renard, 2014**).

- Standardisation en matière grasse MG à 32 g/L
- Thermisation à 68°C pendant 15 secondes.

III.1.2. Les ferments lactiques

III.1.2.1. Les mésophiles

On a utilisé un mélange des souches mésophiles lyophilisées de *Lactococcus lactis subsp lactis*, *Lactococcus lactis subsp lactis var diacetylactis* et de *Leuconostoc*.

Description de produit :

- **Aspect** : poudre
- **Couleur** : crème à beige

III.1.2.2.les thermophiles

La souche de *Streptococcus thermophilus* sous forme lyophilisée

Description de produit :

- Aspect : poudre
- Couleur : crème à beige

III.1.3. Les ferments d'affinage

On utilise deux types de levains fongiques qu'il s'agit un champignon et une levure:

Penicillium camemberti sous forme lyophilisée

Description de produit :

- aspect : poudre
- couleur : crème-beige

Geotrichum candidum sous forme suspension liquide conservé à 4C°.

III.1.4. Présure

- **Préparation**

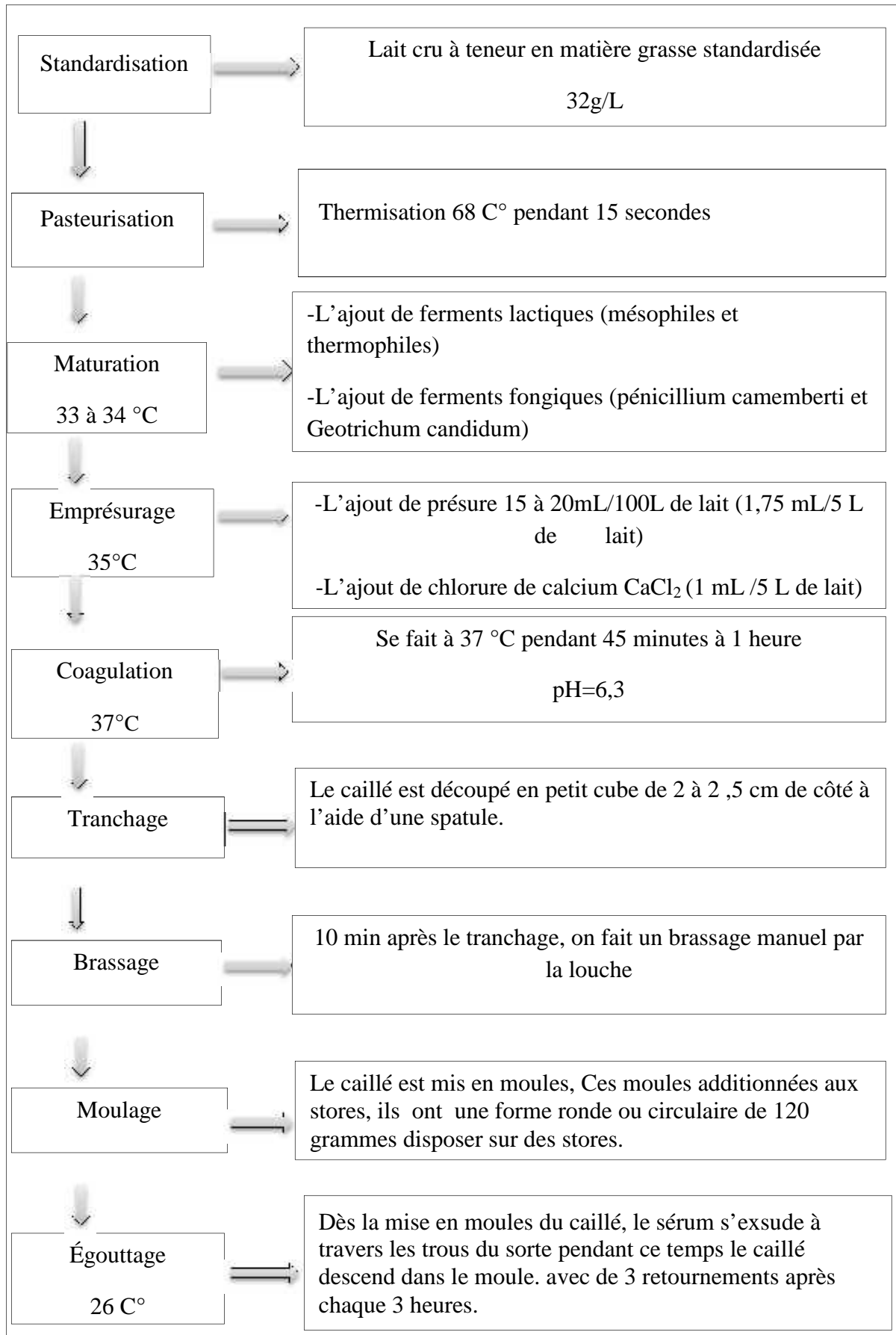
On a utilisé une solution contenant 20 g de présure en poudre du commerce dans 1L de l'eau et leur pH est ajusté à 6,6

III.1.5. Chlorure de calcium CaCl₂

C'est un sel soluble de calcium favorise la coagulation du lait et augmente la proportion de caséine coagulable en déterminant ainsi une augmentation du rendement en fromage.

- **Préparation**

Chlorure de calcium cristallisé est ajoutée préalablement dissout dans l'eau



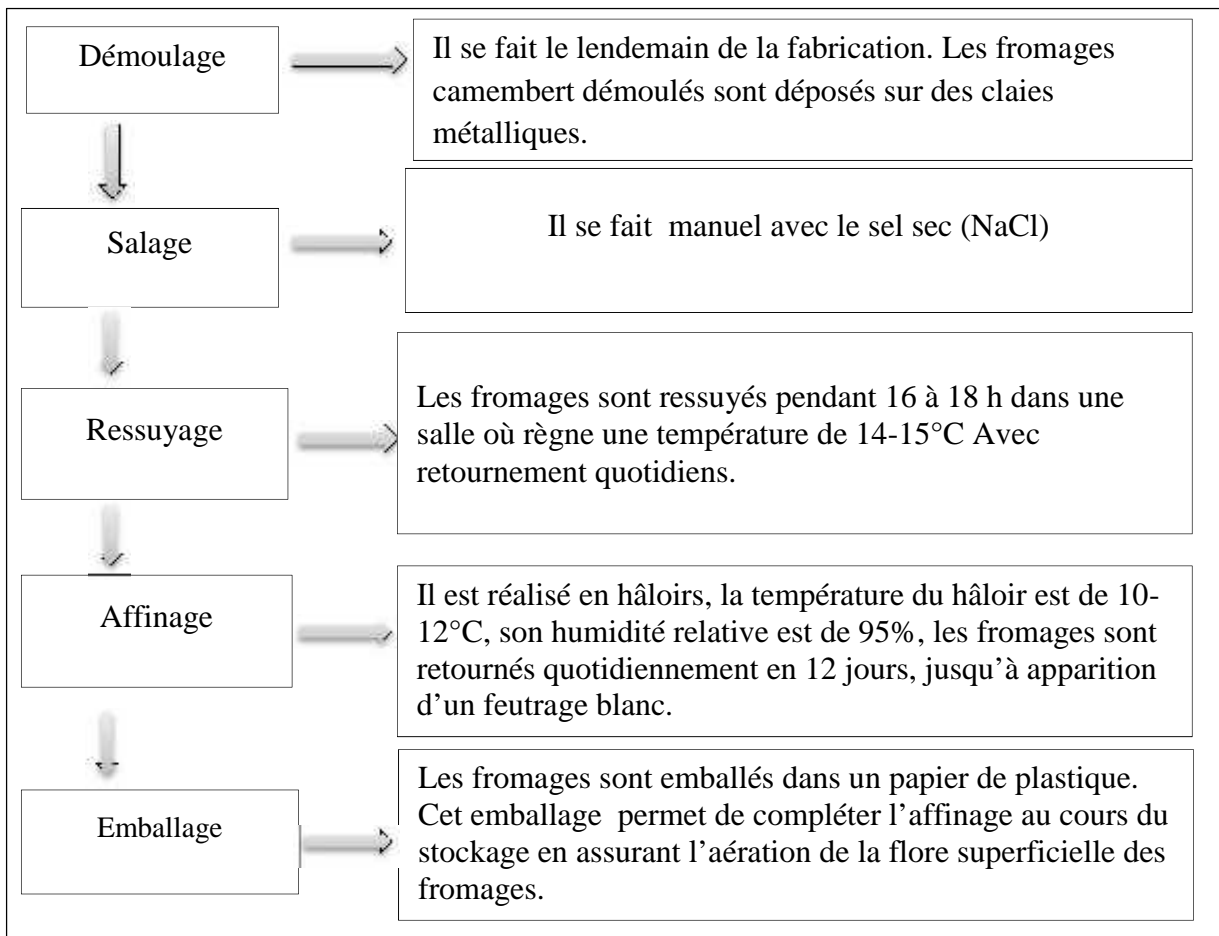


Figure N°07: Diagramme de fabrication du camembert au niveau de laboratoire

III.2. Méthodes d'analyse

La méthodologie de travail adoptée dans cette étude expérimentale est récapitulée dans le schéma suivant :

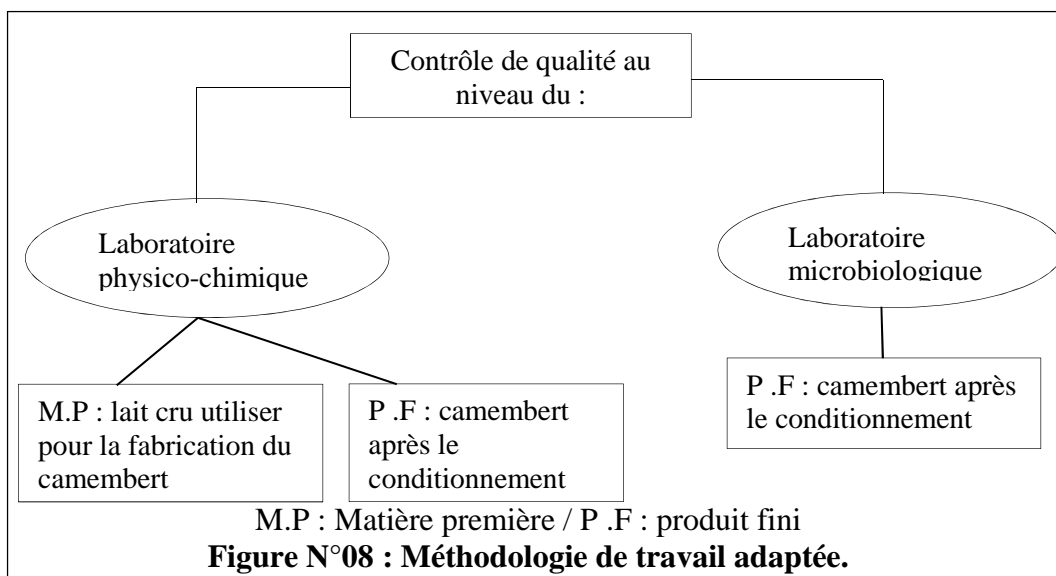


Figure N°08 : Méthodologie de travail adaptée.

III.3. Méthode d'analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement), vérifier la composition et la qualité physico-chimique des produits en analysant la matière première « lait cru » et le produit fini « camembert ».

❖ Préparation des échantillons

Selon le journal officiel de l'arrêté n° 35 du 27 Mai 1998 pour réaliser une analyse physico-chimique du lait, la technique utilisée diffère d'un produit à l'autre :

- La matière première telle que le lait cru, est prélevée en haut et en bas de la citerne, une simple agitation à l'aide d'une baguette en verre suffit à le rendre suffisamment homogène.
- Le lait destiné à la fabrication du fromage à pâte molle type camembert est prélevé après la standardisation et le traitement de thermisation à 68 °C pendant 15 secondes.
- Les échantillons du produit fini fabriqué au niveau de laboratoire microbiologique de la laiterie Wanis ont été prélevés après le stade d'affinage c'est-à-dire 12 jours après la fabrication et après la durée de péremption (41jours).

III.3.1 Matière première : lait cru utiliser pour la fabrication du camembert**III.3.1.1. Détection d'Antibiotiques dans le lait par le Beta s.t.a.r. Combo****• Principe**

Beta Star Combo est un test de détection visuelle rapide pour les Béta-lactames (Amoxicilline, Ampicilline...) et résidus d'ATB Tétracycline (Oxytétracycline, Tétracycline...) dans le lait cru.

• Mode opératoire

Une quantité de 0,2 mL de lait cru a été mise dans un flacon récepteur, et incubée à 47,5°C (3 mn pour réaliser la liaison des antibiotiques présents au récepteur) cette réaction a été terminée par un premier signal ; Ensuite une tigelette a été plongée dans le flacon et incubée à 47,5°C (2 mn pour le Beta et pour le Combo) après un deuxième signal passant à la lecture :

Si l y aura des lignes rouges, le test sera invalide.

Si l'intensité de la première et / ou la troisième bande a été supérieure ou égale à l'intensité de la bande de référence, le résultat sera interprété comme négatif (pas d'antibiotique).

Si la première et / ou la troisième bande ont été absentes ou inférieures à l'intensité de la bande de référence, le résultat sera considéré comme positif (présence d'antibiotiques).

- **Lecture**

Lire les résultats dans les 5 à 6 minutes suivant l'immersion de la tige. La ligne de contrôle C doit apparaître dans tous les cas, sinon le test est invalide.

- 1) toutes les lignes apparaissent : Le résultat du test est négatif, pas d'antibiotiques de la liste répertoriée.
- 2) Lignes T et C apparaissent : Test positif, β -lactam détectés.
- 3) Lignes B et C apparaissent : Test positif, tétracyclines détectées.
- 4) Seule la ligne C apparaît : β -lactam et tétracyclines sont détectés.

III.3.1.2. Détermination du pH

- **Principe**

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. On la mesure habituellement à l'aide d'un pH-mètre. Le pH du lait de vache se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (*Vignola, 2002*).

- **Mode opératoire :**

- Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampon à pH= 7 } 0,1.
- Régler la température de l'appareil à 20°C.
- Introduire l'électrode dans le récipient contenant l'échantillon à 20°C.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.

- **Lecture**

La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH mètre. Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 sec au contact de la pâte de camembert. La lecture se fait directement à partir de l'écran de pH mètre.

III.3.1.3. Acidité titrable

- **Principe**

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium (NaOH) à N/9. La présence de phénolphaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle).

Cette acidité est exprimée en degré Dornic (°D) où: 1°D représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait. (J.Mathieu.1998)

- **Mode opératoire**

- Remplir la burette de la solution de NaOH (N/9), régler le niveau du liquide à Zéro.
- A l'aide de la pipette de 10 mL, prélever 10 mL de lait et transférer dans un bécher de 100mL.
- Ajouter 3 à 4 gouttes de solution de phénolphtaléine et titrer jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persiste 30 Seconde.
- Noter le volume de solution titrant utilisé en dixièmes de millilitres.

- **Expression des résultats :**

- L'acidité est exprimée en degré Dornic « °D » qui correspond à 0,1 mL de la soude Dornic, ou en gramme par litre d'acide lactique.

$$0,1 \text{ mL de NaOH} = 1^\circ\text{D}$$

III.3.1.4. Détermination de la température et de la densité

Principe

Cette propriété se définit comme étant le rapport de la masse volumique de lait à une température (T) par la masse volumique de l'eau à la même (T). Chacun des constituants agit sur la densité du lait ; étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1. Donc plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière grasse plus sa densité sera basse. D'autre part, les solides non gras (SNG), ont tous une densité supérieure à 1. On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (Brulé *et al*, 1997). La norme tunisienne exige que la densité du lait cru destiné à la transformation ne soit pas inférieure à 1,028 à une température de 20°C. La densité est mesurée à 20°C à l'aide d'un thermo- lactodensimètre.

- **Mode opératoire**

- Verser doucement le lait dans une éprouvette tenue inclinée, afin d'éviter la formation de mousse.
- Remplir l'éprouvette jusqu'à ras bord de manière que le lait déborde légèrement pour entraîner les traces de mousse qui pourrait gêner la lecture.

- Plonger le **thermo lactodensimètre** dans le lait en le retenant jusqu'au voisinage de l'équilibre.
- Lire directement la température et la densité.
 - **Expression des résultats**
- Si la température est de 20°C, le niveau de flottement correspond à la graduation de lecture de densité.
- Si la température est inférieure ou supérieur à 20°C, il faut soustraire ou additionner respectivement le nombre de graduations qui séparent le niveau de la température correspondante à 20°C.

$$D = D^{\circ} \pm 0,2 (20 - T^{\circ})$$

Où :

D : densité finale.

D° : densité donnée par le thermo lactodensimètre.

T° : température lue sur le thermo lactodensimètre.

0,2 : coefficient empirique.

III.3.1.5. Détermination de la teneur en matière grasse

- **Principe**

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution des produits à doser (excepté la matière grasse) par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque, la matière grasse se sépare en couche claire dans des graduations et butyromètre révèle le taux. (**Norme AFNOR, 1980**).

- **Mode opératoire**

10 mL d'acide sulfurique ont été introduits dans un butyromètre sans mouiller le col. Ensuite 11 mL du lait et 1 mL d'alcool iso-amylque ont été ajoutés, après bouchage de butyromètre il a été procédé à l'agitation jusqu'à dissolution complète de la caséine qui se coagule au contact de l'acide. Le butyromètre, a été centrifugé durant 5 minutes à une vitesse de rotation 1200 tours par minute sans le laisser refroidir.

Une colonne claire et transparente de matière grasse a été obtenue dans la partie graduée de butyromètre a la sortie de la centrifugeuse, le résultat a été lu à la hauteur.

- introduire dans le butyromètre de **GERBER**

- 10 mL d'acide sulfurique
- 11 mL Du lait
- 1 mL d'alcool iso-amylque
- fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon ;
- mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange puis centrifuger pendant 6 minutes à 1200 tours / min. le résultat est exprimé en g /L et la lecture se fait directement sur le butyromètre.

La lecture doit être effectuée en 10 secondes, sinon le butyromètre est replongé dans le bain d'eau pendant 5 mn pour une seconde lecture.

- **Expression des résultats :**

La matière grasse est bien détectée par sa couleur jaune claire par rapport aux autres constituants. La teneur en M.G du produit exprimée en pourcentage en masse est déterminée par l'expression suivante :

$$\text{MG (\%)} = N_1 - N_2$$

Où :

N_1 : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne du butyromètre.

N_2 : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne du butyromètre

III.3.1.6 Détermination de l'extrait sec total

- **Principe**

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée. Le pourcentage d'humidité ou de solide est calculé par la différence entre le poids humide initial et le poids sec final. L'extrait sec dégraissé (ESD) est déterminé en faisant la différence entre l'extrait sec total (EST) et la matière grasse (MG).

- L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation de 5g d'échantillon (fromage à pâte molle « Camembert ») à l'étuve à la température de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, pendant $4\text{h} \pm 10\text{min}$.

Cette teneur, exprimée en g de matière sèche pour 100g de fromage, est calculée selon la formule suivante.

$$\text{ES(\%)} = (M - m) \cdot 100 / E$$

Avec :

m: Poids d'une capsule de 28g de sable après sa sortie de l'étuve.

M: Poids d'une capsule de 28g de sable avec 5g de l'échantillon émiété avant dessiccation à l'étuve.

E : la masse en gramme de la prise d'échantillon (5g).

III.3.1.7 Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée

Le pourcentage d'extrait sec dégraissé a été calculé par la différence entre extrait sec total et la matière grasse :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

ESD : extrait sec dégraissée ;

EST : extrait sec total ;

MG : matière grasse.

III.3.2. Produit fini : le camembert

III.3.2.1. Détermination de la teneur en matière grasse

- **Principe**

Dissolution de la caséine du fromage dans un butyromètre, par de l'acide sulfurique, la matière grasse est séparée par centrifugation. Le pourcentage en masse de matière grasse lu directement à la partie graduée du butyromètre (c'est la méthode acido-butyrométrique).

- **Mode opératoire**

3g de l'échantillon de fromage ont été introduits dans un godet en verre préalablement taré. Le godet a été enclavé dans la panse du butyromètre et le bouchon fixé au col.

Ensuite l'acide sulfurique a été ajouté par l'ouverture de la tige jusqu'à ce que le niveau d'acide dépasse le godet de 2 mm environ après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre a été placé dans un bain d'eau à 65°C, ce dernier a été agité dans un plan horizontal de temps en temps jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai.

1 mL d'alcool iso-amylique a été ajouté, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'au trait 35 de la graduation. Le butyromètre a été agité énergiquement pour rendre le liquide homogène, et placé ensuite dans le bain d'eau pendant 5 mn, il a été centrifugé pendant 10 mn et placé de nouveau dans le bain d'eau pendant 5 mn avant de faire la lecture.

- **Lecture**

La lecture doit être effectuée en 10 secondes, sinon le butyromètre est replongé dans le bain d'eau pendant 5 mn pour une seconde lecture.

La teneur en matière grasse de l'échantillon, exprimée en pourcentage en masse, est égale à $N_1 - N_2$ avec

N_1 = la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasse.

N_2 = graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse.

III.3.2.2. Détermination de la teneur en extrait sec total

- **Principe**

La détermination est faite à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée.

Le pourcentage d'humidité a été calculé par la différence entre le poids humides initiale et le poids sec final.

III.3.2.3 Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée

Le pourcentage d'extrait sec dégraissé a été calculé par la différence entre extrait sec total et la matière grasse :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

ESD : extrait sec dégraissée ;

EST : extrait sec total ;

MG : matière grasse.

III.4. Méthode d'analyse Microbiologique

L'analyse microbiologique alimentaire consiste à vérifier par recherches ou dénombrements microbiens la conformité du produit est de s'assurer si le produit est propre ou non à la consommation et de contrôler la qualité hygiénique et les caractéristiques microbiologiques des échantillons prélevés.

III.4.1. Préparation de la solution mère

Nous avons pesé 10g du camembert d'expérimentation à l'aide d'une balance de type aseptiquement dans un flacon de 250 mL stérile. après l'introduction 90 mL d'eau physiologique stérile, le mélange est chauffé dans un bain marie de type pendant 20min à environ 45°C pour mieux solubiliser les constituants de la prise d'essai, puis homogénéisé par agitation manuelle jusqu'à obtention d'une suspension homogène dont la presque totalité du fromage s'est solubilisée; Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond à la dilution 1/10 ou 10^{-1} (J.O.R.A, 1998).

III.4.2. Les germes recherchés et leurs dénombrements

La qualité microbiologique du fromage à pâte molle du type « Camembert » s'agira de rechercher et dénombrer Les germes suivants:

- ❖ La flore aérobie mésophiles totale ;
- ❖ Les bactéries témoins de contamination fécale :
 - Les *coliformes totaux* ;
 - Les *coliformes fécaux* ;
 - Les *staphylococcus aureus*;
 - Les *clostridium Sulfito-Réductrices*.
 - Les *salmonelles*.
- ❖ La flore fongique
 - Levures et moisissures*

Remarque : le teste témoin effectué pour toutes les analyses

III.4.2.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophile totaux

Appelés aussi "Flore totale" ou nombre très approximatif des germes qui se trouvent dans les produits alimentaires.

Ces micro-organismes peuvent par leurs quantités dégrader la denrée, altérer sa qualité marchande et provoquent des troubles digestifs ou allergiques chez le consommateur.

La flore peut être saprophyte ou pathogène, originelle ou apportée lors des manipulations.

- **Principe**

Le dénombrement des germes totaux à 30°C reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité des aliments dans le contrôle industriel (Bonnyfoy et *al.*, 2002).

- **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales (voir annexe), porter aseptiquement 1 mL dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

- Compléter ensuite avec 12 à 15 mL de gélose PCA, Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. Laisser solidifier sur la paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 mL de la même gélose, cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30 °C pendant 72 h avec :

-première lecture à 24 h

-deuxième lecture à 48 h

-et troisième lecture à 72 h.

- **Sélection et numération des colonies**

Le dénombrement s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte les facteurs suivants :

-Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies,

-Multiplier toujours le nombre trouve par l'inverse de sa dilution,

-Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

III.4. 2.2. Dénombrement des Coliformes totaux

Les coliformes totaux se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, de forme bâtonnet. Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

- **Principe**

Numération des colonies caractéristiques des coliformes totaux qui se sont développées en 24 h à 30°C. Dans le produit laitier, sur gélose VRBL. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes totaux.

- **Mode opératoire**

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme
- Porter aseptiquement 1mL de la dilution 10^{-1} , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 mL de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit.
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout.
- Laisser solidifier le mélange sur la paillasse
- Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 mL de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations.
- laisser solidifier à nouveau
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 30°C pour la recherche des coliformes totaux.

*La recherche des coliformes totaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode a pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

- **Sélection et numération des colonies**

Les coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur mauve violette fluorescente, parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.

III.4.2.3. Dénombrement des Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet, capable de se développer à 44 °C en moins de 24 H ce qui les distingue des coliformes totaux, ces bactéries apparaissent toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouvent qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a une contamination récente ou constante.

- **Principe**

Numération des colonies caractéristiques des coliformes fécaux qui se sont développées en 24 h à 44°C dans le produit laitier, sur gélose VRBL. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes fécaux.

- **Mode opératoire**

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme.
- Porter aseptiquement 1mL de la dilution 10^{-1} , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 mL de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit.
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout.
- Laisser solidifier le mélange sur une paille.
- Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 mL de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations.
- laisser solidifier à nouveau.
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux.

*La recherche des coliformes fécaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode a pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

- **Sélection et numération des colonies**
- Les coliformes fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur mauve violette fluorescente, parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
- Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / mL du produit.

III.4.2.4. Dénombrement des *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une Cocco-bactérie Gram positif, catalase positive, ce dernier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μm , non sporulé, immobile et facultativement anaérobique, qui fait partie de la flore humaine et surtout présent dans le nez et sur la peau. *Staphylococcus aureus* est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

- **Principe**

Avec la dilution initiale 10^{-1} , on ensemence en surface de gélose Baird Parker recoulée en boîte de pétri à l'avance.

Après une incubation de 48 H à 37 °C, les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans le produit laitier « Camembert ».

- **Mode opératoire**

Par cette méthode, les *Staphylococcus aureus* fait l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker.

- Sécher la boîte de gélose dans une étuve à $46\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas).
- Homogénéiser la dilution décimale 10^{-1} avant inoculation à la surface de la boîte gélosée.
- Déposer ensuite 0.1 mL, de dilution décimale 10^{-1} , réalisée préalablement à la surface de la gélose Baird Parker.

- Etaler, par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau).
- Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante.
- Incuber à l'étuve pendant 48 H à 37 °C.

*La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaleur stérile, comme il a été soigneusement explicité précédemment.

- **Sélection et numération des colonies**
 - Les colonies caractéristiques après 48 H d'incubation sont noires brillants et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2.5 mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.
 - Les colonies non caractéristiques après 48 H d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec des halos d'éclaircissement et de précipitation absents ou à peine visibles. Elles peuvent être grises dépourvues de zone claire.
 - Les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques sont dénombrés manuellement, si la boîte contient moins de 102 de colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques selon la norme, alors cette dernière est retenue.

III.4.2.5. Dénombrement des Clostridium Sulfito-Réductrices

Les Clostridium Sulfito-Réducteurs sont des germes qui se développent sans oxygène (Anaérobie), et qui résistent à la cuisson en sporulant, ces derniers, appartiennent à la famille des Bacillacées. Leur présence dans les produits laitiers est un signe d'intoxications alimentaires.

- **. Principe**

La recherche des clostridium Sulfito-réductrices est basée pour la plupart des milieux sur une croissance dans de milieu contenant du sulfite de sodium, et sur leur pouvoir de réduire le sulfite de sodium et de donner en présence de fer du sulfure de fer, d'où une coloration noire.

- **Mode opératoire**
 - Ensemencer dans une boîte stérile 1 mL de la dilution 10^{-1} , puis remplir la boîte avec 15 à 20 mL de la gélose **Viande Foi**

- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout.
- Laisser solidifier le mélange sur une paille.
- Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 mL de la même gélose Vf.
- laisser solidifier à nouveau.
- en évitant toute introduction d'air (anaérobiose : absence d'O₂) pour créer l'anaérobiose, couvrir la boîte par la paraffine.
- Placer le tube à 46°C et observer après 24 H

*La recherche des Clostridium Sulfito-Réductrices se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur.

- **Sélection et numération des colonies**
- Les Clostridium Sulfito-Réductrices apparaissent sous forme de colonies entourées d'un halo noir dues à la réduction des sulfites qui se précipitent avec les ions de fer, chaque colonie noire est issue d'une spore.
- Dénombrer ces colonies et exprimer le résultat en nombre de spores par ml de produit.

III.4.2.6. Dénombrement des Salmonelles

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à gram négatif et qui se développent à une température de 37°C de 24 à 72 H sur milieu Héктоène, formant de petites colonies, pigmentées en vert ou en bleu vert.

- **Principe**

Du fait de leur rareté, il s'applique un processus de revivification et de multiplication, correspondant à un enrichissement voire un pré enrichissement de cellules .ces opérations sont suivies d'isollements sur divers milieux gélosés sélectifs.

- **Mode opératoire**

La recherche des salmonelles a été effectuée en deux étapes :

1) Enrichissement

-Une quantité de 0.1mL de la dilution mère 10⁻¹ a été introduite dans un tube à essai contenant 9mL de bouillon SFB.

- Homogénéiser bien la solution ;

-ensuite le tube est incubé à l'étuve 24 heures à 37 °C.

Les résultats sont considérés positifs quand le tube représente un trouble.

2) Isolement

-A partir des tubes positifs, Prélever avec une pipette pasteur deux goutte de la suspension bactérienne sont ensemencées par technique de stries sur des boites de pétri contenant un milieu Hektoen déjà solidifié (ensemencement en surface).

-les boites sont incubées à l'étuve pendant 24 heures à 37°C.

- **Sélection et numération des colonies**

- Soumettre à l'épreuve biochimique un nombre suffisant de colonies caractéristiques, colonies transparentes à centre noir.

- **Expression des résultats**

Les colonies comprennent entre 30 et 300 colonies sont retenues pour l'expression finale des résultats :

Le nombre des colonies est multiplié par l'inverse de la dilution ;

Les résultats sont exprimés en nombre de UFC /g.

III.4.2.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

Les levures et les moisissures sont des champignons hétérotrophes, organismes eucaryotes uni ou multicellulaires. La structure de la cellule est celle d'une cellule eucaryote.

Les levures sont des champignons unicellulaires qui constituent un groupe morphologique relativement homogène.

Les moisissures sont des champignons filamenteux uni ou multicellulaires.

- **Principe**

La flore fongique globale est dénombrée en boite de pétri sur milieu OGA, ensemencé en surface, l'incubation est réalisé pendant 3 à 5 jours à température ambiante, le dénombrement se fait alors aux levures et moisissures.

- **Mode opératoire**

- ✓ A partir des dilutions décimales retenues (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-6}), transférer aseptiquement 4 gouttes de chaque dilution aux boîtes de pétri contenant le milieu OGA préalablement fondu et solidifié.

- ✓ Etaler sur toute la surface du milieu à l'aide d'un râteau stérile.
- ✓ A partir de des dilutions retenues, transférer aseptiquement 4 gouttes de chaque dilution aux boîtes de pétri contenant le milieu OGA préalablement fondu et solidifié.
- ✓ Etaler sur toute la surface du milieu à l'aide d'un râteau stérile.
- ✓ L'incubation de ces boites se fait à 20°C (à la température ambiante) couvercle en bas pendant 3 à 5 jours en surveillant quotidiennement les boites pour éviter l'envahissement des moisissures sur le milieu.

- **Sélection et numération des colonies**

Le dénombrement s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte les facteurs suivants :

- ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies

IV. Examen microscopique du camembert

IV.1. Prélèvement des échantillons

Les échantillons des fromages servis au l'examen microscopique ont été considérés :

- le produit fini (camembert fabriqué).
- Le fromage de type camembert à pâte stabilisée à caractère industriel de marque 'le Zaccar' présente dans le marché de la région Khemis Miliana.

IV.2. Principe

Il est souvent pratiqué à partir de l'échantillon brut à l'aide d'un frottis. le prélèvement s'effectue selon le cas à l'ose, à la pipette pasteur ou en plaquant directement la lame d'examen sur la surface du fromage.

IV.3. Observation sans coloration

- ❖ **La croute**

On couvre la surface du fromage camembert par un morceau de scotch pour enlever les colonies des moisissures sur le scotch puis on lève le scotch et le maitre sur une lame après on l'observe directement sous le microscope optique.

❖ **La pate**

On prélève un morceau de fromage à l'aide d'une pipette pasteur puis on le dispose sur une lame, on ajoute une goutte de l'eau distillé puis on couvre par la lamelle après on l'observe directement sous le microscope.

IV.4. Observation avec coloration

❖ **La croute**

On dispose la lame sur la surface du camembert pour enlever quelques colonies de moisissures puis on ajout une goutte de bleue de méthylène, après on couvre par une lamelle et on fait l'observation microscopique.

❖ **La pate**

On prélève un morceau de fromage à l'aide d'une pipette pasteur puis on le dispose sur une lame, on ajoute une goutte de l'eau distillé puis on couvre par la lamelle après on l'observe directement sous le microscope.

V. Méthode d'analyse Sensorielle

La qualité des fromages est largement déterminée par la perception sensorielle qui est un processus complexe. Elle est influencée par plusieurs facteurs tels que le contenu en composés aromatiques, la texture et l'apparence (**Edima, 2007**).

Pour la dégustation de notre produit Camembert fabriqué, on a fait une séance de dégustation dans l'unité de « wanis lait » pour but de caractériser les différents caractères organoleptiques tels que l'odeur et la texture.

Le jury de dégustation est composé de 9 personnes, La qualité organoleptique du fromage fabriqué, testée par le jury de dégustation sur un ensemble de caractères tels que la saveur fondamentale (salé, acide, amer, rance, doux), et aussi reconnaître l'odeur (lactique, animal, odeur non spécifique),

Les résultats de test de dégustation du fromage fabriqué est résumé dans la fiche de dégustation suivante :

jury / dégustation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
caractéristiques									
Couleur									
Blanc mat									
Blanc crème									
Jaune pale									
Jaune									
Bleuté									
Odeur									
Lactique									
Végétale									
Animale									
Odeur non spécifique									
Saveur									
Doux									
Salée									
Amer									
Rance									
Acide									
Viscosité									
Dure									
Moilleux									
Coulante									
Appréciation du produit									
Agréable									
Moyennement agréable									
Désagréable									

Figure N°09: Fiche d'analyse sensorielle

VI. Méthode d'analyse rhéologique

Les analyses ont été effectuées sur les échantillons suivants :

- fromage à pâte molle type camembert à caractère industriel.
- Le produit fini camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire.

• Mesures rhéologiques:

- Les mesures ont été effectuées avec un rhéomètre à contrainte et à déformation imposée (Physica MCR 302, Anton Paar) en utilisant une géométrie plaque-plaque (diamètre = 25 mm). L'entrefer utilisé pour cette géométrie est de 1mm signifie que les effets d'interface possibles sont très réduites. La température de mesure était à 20 ° C. La température a été stabilisée en moins de 1 min.

Test d'écoulement :

La viscosité de cisaillement a été mesurée à taux de cisaillement 10^{-3} à 10^3 s⁻¹. Les pâtes ont été introduites directement dans le système de mesure du rhéomètre.

Rampe de température:

Les balayages de température (2-45 ° C, vitesse de chauffage 5 ° C par minute et le retour de 45 ° C à 2 ° C) ont été effectués à une contrainte constante de 1% et une fréquence de 1 Hz. Une fois installés dans la géométrie, les échantillons ont été laissés au repos à 2 ° C pendant 2 minutes pour atteindre l'équilibre thermique avant toute analyse. Tous les échantillons ont été recouverts d'une fine couche d'eau distillée pour éviter la perte d'eau, et chaque expérience a été réalisée deux fois pour vérifier la fiabilité.

Chapitre 02

Résultats et

Discussion

I. Résultats des analyses physico-chimiques

I.1. Lait cru

Tableau N°08 : Analyse physico-chimique du lait cru de vache

Paramètre	T°C	La densité	A (°D)	pH	MG (g/L)	EST (g/L)	ESD (g/L)	ATB
Ech de lait cru de vache								
Ech 1	9	1033.54	16	6.55	32	119.69	87.69	Abs
Ech 2	6	1028.65	17	6.4	31	121.74	90.74	Abs
Ech 3	7	1030,41	16	6.58	28	120,87	92.87	Abs
Moyenne	7.33	1030.86	16.33	6.51	30.3	120.76	90.43	Abs
Norme*	4-8	1028-1034	14-18	6,5-6,8	30-38	120-130	87±1	

Norme* : AFNOR. (1958)

A : acidité, MG : matière grasse, EST : extrait sec totale, ATB : antibiotique

Les résultats obtenus à savoir l'acidité de 16.3°D, la densité de 1030.86, la matière grasse de 30.3g/L, et de l'extrait sec total de 120.76g/L sont conformément aux normes recommandées pour l'utilisation de lait cru de vache dans la technologie de fabrication fromagère en plus particulier le camembert.

I.1.1. Acidité et pH

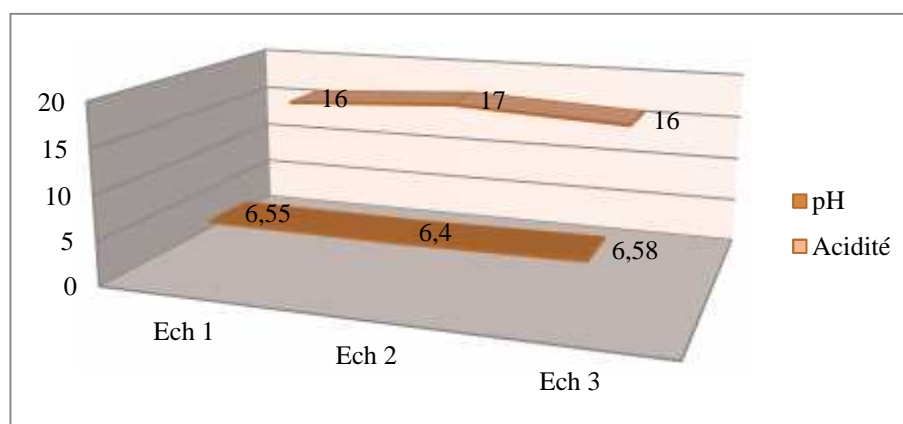


Figure N°10 : Résultats de l'acidité et de pH du lait

L'acidité ne varie pas beaucoup pour les 3 échantillons de lait cru, elle est presque stable selon les échantillons étudiés, avec une faible variation d'acidité enregistrée est limitée entre l'intervalle de 16 à 17° D. L'acidité dépend de la teneur en caséine et en sels minéraux, les conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique et de la maturation du lait.

Le lait cru est légèrement acide car il contient des substances acides (caséines, groupes phosphates, acides organiques) et une acidité développée provoquée par l'acide lactique. L'acidité augmente avec une fermentation lactique, ce qui transforme une partie du lactose du lait en acide lactique (Alais, 1957).

I.1.2. Densité

Les valeurs de la densité des échantillons faisant l'objet de cette étude sont comprises entre 1028.65 et 1033.54 avec une moyenne de 1030.86, Ces valeurs se situent dans l'intervalle mentionné dans les normes d'AFNOR., 1985.

La densité a une relation étroite avec la température, sachant que la valeur moyenne de températures enregistrées est de 7,33°C du lait réceptionné, dont elle varie entre 6 à 10°C.

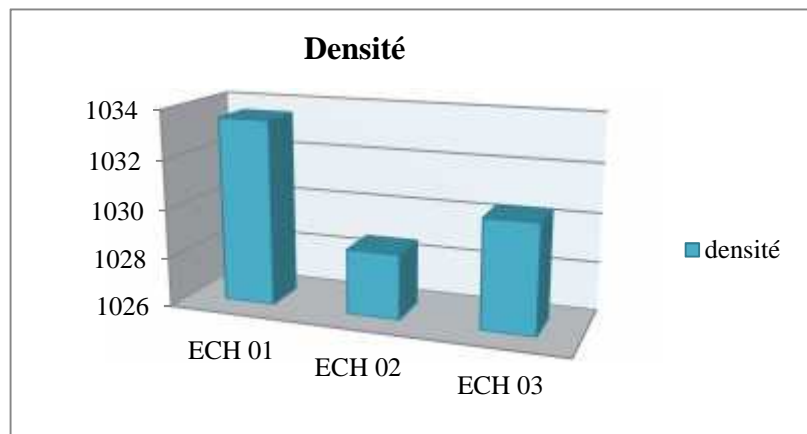


Figure N°11: Résultat de la densité

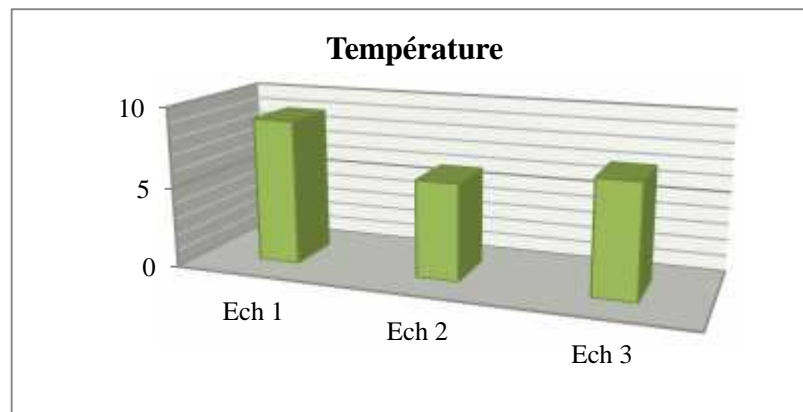


Figure N°12: Résultat de la température

I.1.3. Matière Grasse

Le principal agent formateur de la matière grasse dans la mamelle est l'acide gras acétique, qui est un acide gras volatil formé par la fermentation du rumen à partir de la cellulose (Madji, 2009).

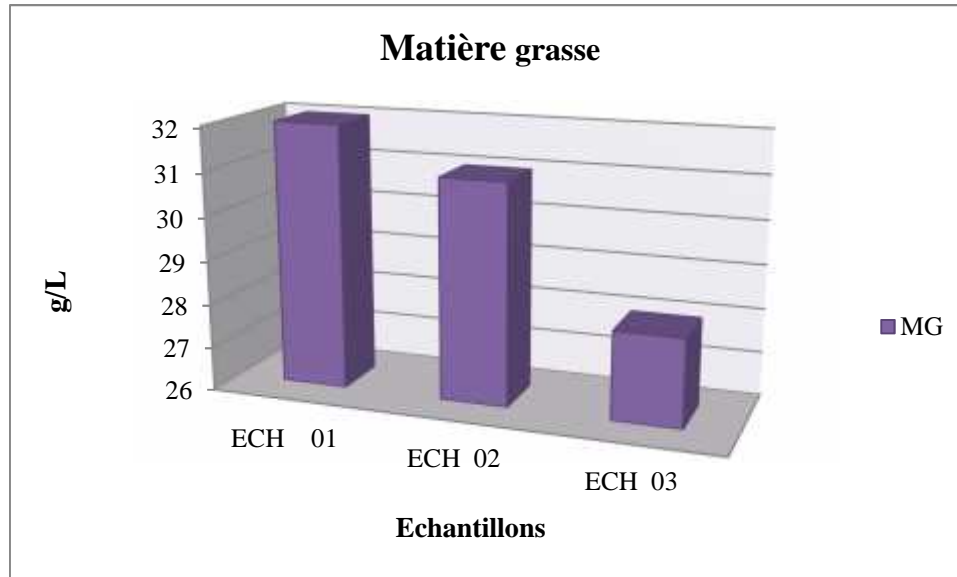


Figure N°13: Résultat de la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse des échantillons varie entre 28 et 32 g/L avec une moyenne de 30,3 g/L.

D'après la moyenne que nous avons obtenue (30.3g/L), on peut dire que ce résultat est situé dans l'intervalle mentionné dans la norme **AFNOR, 1985** entre [28 à 32 g/L].

La variabilité de la teneur en matière grasse dépend de la composition du lait et de stade de lactation et l'alimentation.

I.1.4. Extrait sec total et dégraissée

Les valeurs de l'extrait sec total des échantillons variant entre 119,69 et 121,74 g/L avec une moyenne de 120,76 g/L. Cette dernière est conforme aux normes. L'extrait sec dépend de la composition du lait cru.

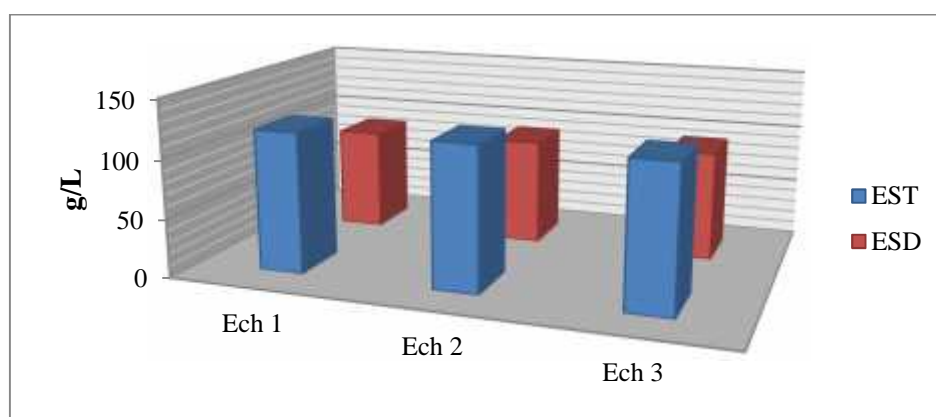


Figure N°14: Résultats de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé

La moyenne des résultats obtenus de l'extrait sec dégraissé est de 90,43 g/L. Elle est conforme aux normes.

I.1.5. Test d'antibiotique

Nous remarquons que les laits crus de vache destinés à la fabrication du camembert, sont tous caractérisés par une absence totale d'antibiotique, donc ce lait a une sélection bien affectée pour la fabrication du camembert. La présence de résidu d'antibiotique présente des risques directs ou indirects pour le consommateur, il peut aussi être l'origine de l'inhibition totale ou partielle des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne.

I.2. Camembert

Tableau N°09: l'analyse physico-chimique du camembert

Paramètre Echantillon de camembert	T (°C)	PH	MG (g/L)	EST (g/L)	ESD (g/L)
Ech 1	12	7.6	27	45.26	18.26
Ech 2	11.1	7	26	49.07	23.07
Ech 3	10	7.12	28	42.15	17.49
Moyenne	11.03	7.24	27	45.49	19.6
Norme*	10 à 16				

Norme* interne établie par l'industrie laitière, le reste des normes est confidentielle à l'industrie

I.2.1. La matière grasse, EST, ESD

- La teneur en matière grasse varie entre [26 - 28] g/L, avec une moyenne de 27g/L. Cette variation fait référence à la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication du Camembert. Les valeurs de la matière grasse montrent que notre produit fini est conforme aux normes recommandées.
- Une légère fluctuation de l'extrait sec total de nos échantillons étudiés (entre 42,15 et 49,07 g/L, soit une moyenne de 45.49 g/L). Les écarts ne sont pas assez importants, ceci est à mettre en corrélation avec les pertes en poids des fromages.

I.2.2 Température

La température du camembert après affinage et conservation est acceptable, car elle est égale à 11,03 C° de moyenne. On déduit que cette température est conforme à l'intervalle des normes de la laiterie.

I.2.3 pH

Le pH du camembert est égale à 7,12, cette valeur est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 aout 2000.

II. Résultats des analyses microbiologiques du Camembert

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert exprimés en UFC/g sont présentés, dans le tableau N°10. Ils représentent la salubrité microbienne existant dans le produit fini camembert. Les germes recherchés et dénombrés dans notre travail sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du produit fini et des pratiques d'hygiène.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer la qualité microbiologique du produit fini après sa fabrication. Le dénombrement des germes est effectué par la multiplication du nombre des germes par l'inverse de la dilution.

Tableau N°10: Résultats des analyses microbiologiques du camembert

Contrôle	Germes dénombrés et rechercher en UFC/g							
	FAMT	C.T	C.F	STaph	CSR	Salmonella	E.coli	L.M
1 ^{er} contrôle	1,6.10 ³	10 ²	50	Abs	abs	Abs	Abs	IND
2 ^{eme} contrôle	12.10 ³	2.10 ²	10 ²	Abs	abs	Abs	Abs	2290 9
Moyenn e	7,5.10 ³	1,5.1 0 ²	75	Abs	abs	Abs	Abs	2290 9
*Norme (UFC/g)	<10 ⁶	10 ²	10	10 ²	1	ABS	10 ²	/

***Norme : normes du Journal officiel N°5 27 mai 1998**

C.T: Coliformes totaux ; **C.F:** coliformes fécaux ; **STaph:** Staphylocoques ; **A:** Absence ;
FAMT : flore aérobie mésophile totale ; **CSR :** clostridium

II.1. FAMT

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale des échantillons du camembert ont révélé de valeur moyenne entre les deux contrôles effectués juste après l'affinage et après une durée de 41 jours est égale à 7,5.10³ UFC/g. Ce résultat est inférieur à 10⁶ UFC/mL à la norme du **Journal officiel N°5 27 mai 1998**.

II.2. Coliformes totaux

Les résultats des échantillons du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire présentent une charge moyenne en coliformes totaux de 1,5.10² germes/g, avec une valeur correspond au 1^{er} contrôle de 10² germes/g et une valeur de 2.10² germes/g correspond au 2^{eme} contrôle (tableau N°10).ces seuils de contaminations en coliformes totaux dépassent la valeur fixée par la **norme du Journal officiel N°5 27 mai 1998** qui est à 10²germes/g. Le degré de contamination du camembert par les coliformes totaux peut être lié aux conditions hygiéniques dans lesquelles s'effectuent la préparation et la manipulation du produit, leur nombre peut aussi indiquer qu'ils se sont multipliés après la thermisation du lait cru ou lors d'un mauvais nettoyage.

II.3. Coliformes fécaux

Le **Journal officiel N°5 27 mai 1998** étant fixée à 10 UFC/g concernant les coliformes fécaux, et Le dénombrement de ces germes présentent des résultats qui varient entre 5.10^1 UFC /g comme valeur de 1^{er} contrôle et 10^2 UFC/g comme valeur pour 2^{eme} contrôle, pour une moyenne de $7,5.10^1$ UFC/g (tableau N°10). Les teneurs en Coliformes fécaux trouvés sont supérieures à celles mentionnées dans les **normes du Journal officiel N°5 27 mai 1998**.

La recherche des microorganismes indicateurs d'une contamination d'origine fécale permet de juger l'état hygiénique du produit. Même à des niveaux faibles, ils témoigneraient de conditions hygiéniques dégradées lors de la manipulation ou au cours de fabrication du camembert.

En fait, la présence des coliformes fécaux dans les camemberts peut avoir plusieurs origines, soit la matière première, soit le personnel et/ou le matériel de fabrication.

La matière première qui est le lait cru de vache, peut être une source de contamination. Ceci indique que le lait a été collecté dans de très mauvaises conditions d'hygiène. Donc cette source de contamination qui est le lait cru, n'est pas la vraie cause de présence des coliformes dans les fromages. La contamination peut être due donc à une mauvaise hygiène du laboratoire, ou à un mauvais nettoyage du matériel de production.

Selon (**Larpent, 1990**), la présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

La Thermisation est un procédé moins intense que la pasteurisation qui consiste à éliminer les bactéries sensibles à des températures comprises entre 62 et 68 ° C.

II.4. Staphylococcus aureus

L'absence totale de ces germes dans les échantillons du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire est la conséquence de l'utilisation de matières premières de qualité microbiologique satisfaisante et peut s'expliquer par le bon respect des règles d'hygiène générale durant les opérations de préparation du camembert. Ce résultat est conforme aux normes du le **journal officiel N°5 27 mai 1998**.

II.5. Salmonelles

L'absence totale des Salmonelles dans les échantillons du camembert fabriquées à l'échelle de laboratoire, vu la bonne qualité microbiologique du lait cru qui répond aux

normes, ainsi le traitement thermique utilisé dans le processus de fabrication thermisation et pasteurisation.

II.6. Clostridium sulfito-réductrices à 44°C

Le résultat de dénombrement de ce genre des micro-organismes est l'absence totale, dans le premier et le deuxième contrôle des échantillons de fromage fabriquée à l'échelle de laboratoire. Ce résultat répond aux normes du journal officiel 1998.

L'absence de clostridium sulfito-réductrice montre que la fabrication de ce type de fromage est réalisée dans des conditions d'hygiène.

II.7. Levures et moisissures

Le dénombrement des levures et moisissures dans les échantillons du camembert fabriqué au niveau de laboratoire est constaté d'une valeur moyenne de $2,3.10^4$ UFC/g. Ces résultats sont acceptables car les levures et moisissures sont introduites durant la phase de la maturation pour assurer le bon affinage du camembert.

Les résultats précédents confirment:

- La qualité microbiologique et hygiénique de lait utilisé dans la fabrication du camembert est moyenne.
- Le traitement thermique n'est pas efficace.

Nous constatons que le camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication.

Ces résultats indiquent que le échantillons du camembert fabriqué au niveau de laboratoire est d'une qualité moyenne du point de vue microbiologique.

III. Résultats obtenues de l'examen microscopique du « camembert »

III.1. Sans coloration

Les résultats de l'observation du *camembert* par le microscope photonique, juste après l'affinage, sont donnés en figures suivantes :

- La croute

Les hyphes de *pénicillium camemberti*



Figure n°15 : *Pénicillium camemberti* sous le microscope photonique G X40(photo original du camembert industrielle le Zaccar)

➤ La pate

Bactérie lactique

Hyphe de mycélium

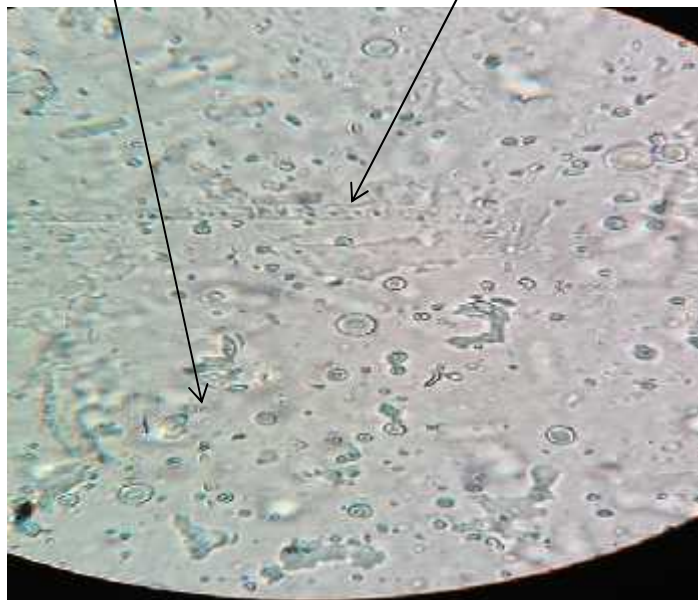


Figure n°16: Les microorganismes issus de la pâte du camembert sous le microscope photonique G X40 (photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire)

III.2 Avec coloration

➤ La croûte

Les hyphes de mycélium coloré en bleu



Figure n°17: *Penicillium camemberti* sous le microscope photonique GX40 (photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire)

➤ La pâte

bactéries lactiques

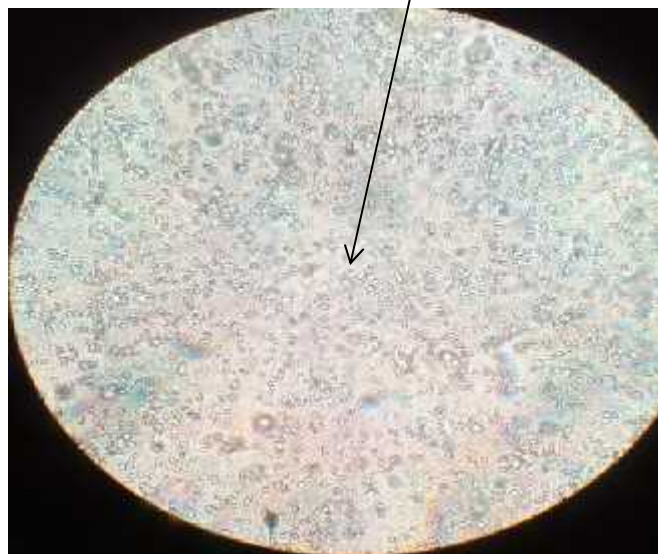


Figure n°18: Les bactéries lactiques issues de la pâte du camembert sous microscope photonique GX40 (photo original du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire).

Les résultats de l'observation microscopique de la croûte représentent la présence des hyphes de mycélium cloisonnés avec la présence des spores dispersés dans la lame.

Les résultats de l'observation microscopique de la pâte représentent la présence des bactéries de différentes formes, coques et bacilles. Sont généralement des Lactobacilles et des Streptocoques.

IV. Résultats des analyses organoleptiques

Le groupe d'examineur est constitué d'un jury constitué de 9 personnes. La première étape consistée à une description des principales caractéristiques sensorielles du notre fromage camembert fromage puis à leur donnée une note. Les tests sont menés selon les directives de la norme V09-001(AFNOR, 1995).

L'analyse consiste à présenter à un dégustateur un échantillon du fromage camembert affiné. Les caractéristiques sensorielles du camembert sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations. Le bulletin de réponse de cette épreuve est présenté dans la fiche dégustation. (voir annexe 05)

V. Résultats des analyses rhéologiques

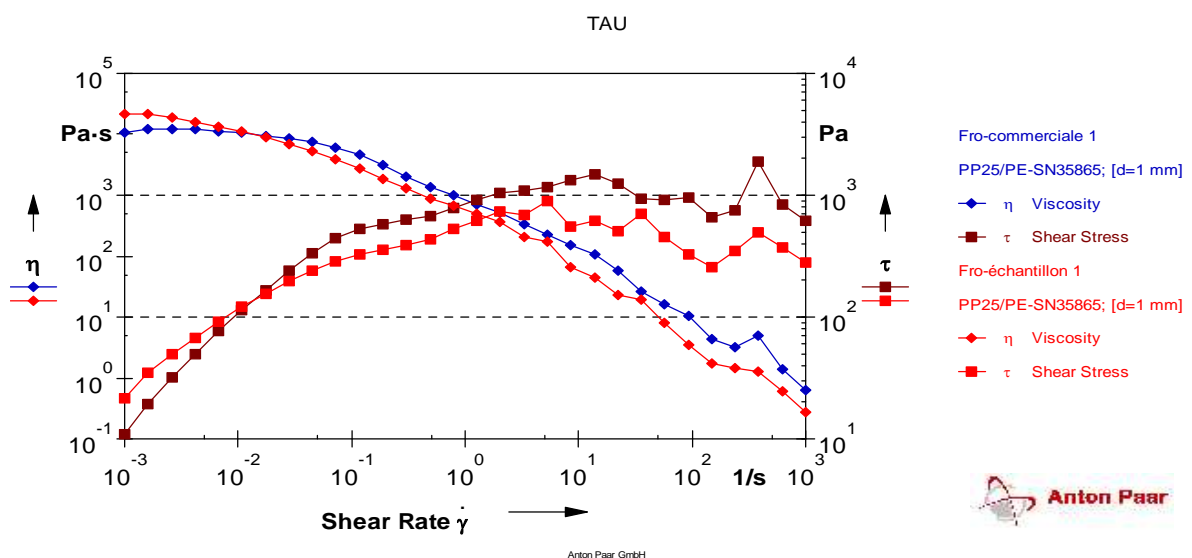


Figure N°19 : Présentation graphique de comportement des pâtes de deux fromages.

La figure N°20 illustre le comportement des pâtes de fromage préparé au laboratoire et un autre commerciale d'une composition un peu différente à notre produit préparé. On note une forte dépendance de la viscosité apparente avec la vitesse de cisaillement. Le comportement rhéofluidifiant de ces pâtes est nettement plus marqué. L'infléchissement de la courbe à faible vitesse de cisaillement pour atteindre $67\mu\text{m}^2$ n'est observé qu'à des vitesses de cisaillements faibles. On constate donc que les pâtes présentent des viscosités très élevées à faible vitesse de cisaillement et très faibles à vitesses élevées, et donc la vitesse de déformation, les molécules seront orientées suivant la direction de cisaillement et enregistrent une dispersion au niveau de leur structure, si bien que leur résistance à l'écoulement s'affaiblit d'où la diminution de la viscosité apparente.

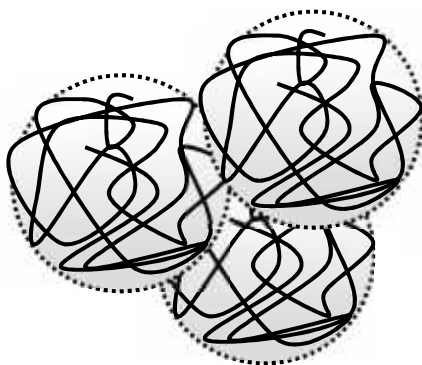


Figure N°20 : Pelote de macromolécules enchevêtrées.



Figure N°21 : Macromolécules sous contrainte de cisaillement orientées et dispersées.

Ces propriétés particulières seront d'un grand intérêt pratique, notamment lorsqu'une viscosité élevée est recherchée en l'absence de cisaillement alors que le produit liquide doit pouvoir s'écouler aisément dès l'application d'un cisaillement même faible.

Le produit préparé présente des propriétés d'écoulement identique par rapport au produit commercial.

Propriétés thermo-rhéologiques

L'analyse des propriétés thermiques, en régime oscillatoire, a permis de distinguer les deux comportements principaux des pâtes de fromage préparé et commerciale en fonction de la température et du sens de sa variation (Figure n°23). Ces deux comportements, très dissemblables, ont fortement conditionné les propriétés thermo-rhéologiques de ces pâtes.

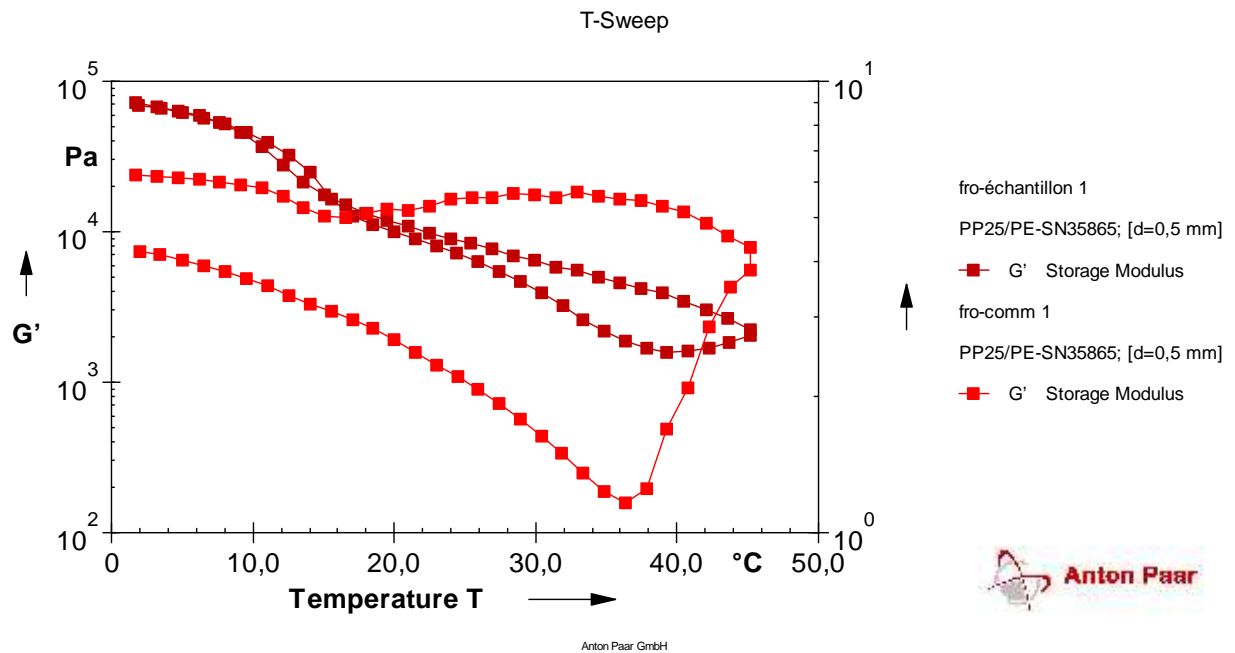


Figure N° 22 : variation de la valeur G'

L'élévation de la valeur de G' lors du refroidissement est nettement plus marquée dans le produit commerciale que dans le produit préparé au laboratoire, ce qui nous amène à conclure que le produit commerciale comporte un amidon modifié et ce n'est pas le cas pour notre produit.

L'empois d'amidon est donc un système composite avec des particules gonflées, dont la taille est de l'ordre de plusieurs dizaines de micromètres, dispersées dans une phase continue macromoléculaire. Cette phase continue est généralement constituée d'amylose sachant que les molécules d'amylose et d'amylopectine sont incompatibles en solution et qu'elles tendent à se séparer. Les particules gonflées sont donc constituées majoritairement d'amylopectine. En refroidissant, cet empois va donner un gel (phénomène de rétrogradation).

Les mécanismes conduisant à la gélification des empois d'amidon sont assez bien connus. Ceux-ci relèvent essentiellement de la gélification de l'amylose dans la phase continue. Le système obtenu est un gel composite qui sera d'autant plus rigide que la concentration en amylose sera importante. Il est à noter que la gélification de l'amylose est un processus cinétique dont la rapidité va dépendre de la concentration en amidon ainsi que de la teneur en amylose de cet amidon.

Discussion générale

Notre étude vise à faire un essai de fabrication du fromage à pâte molle type camembert à l'échelle de laboratoire suivi d'une fabrication à l'échelle pilote.

L'analyse physico-chimique est un paramètre de contrôle de qualité dans le processus fabrication pour assurer une bonne qualité au consommateur. Les échantillons de lait cru de vache destiné à la fabrication du « camembert » ont été analysés. Les résultats des paramètres physico-chimiques (test d'antibiotique, acidité, densité, matière grasse et EST) du lait cru de vache donnent des valeurs moyennes respectives de l'absence d'antibiotique, 16.3°D, 1030.86 g/l, 30.3 g /l et de 120.76g/l. lesquelles sont conformes aux **normes d'AFNOR, 1980.**

Les résultats d'analyse physico-chimiques du produit fini camembert des paramètres, matière grasse, EST et ESD avec des moyennes respectives (27g/l, 45.49g/l et 19 .6g/l) montrent que notre produit fini est de bonne qualité selon les normes précisées par l'unité.

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit.

Ils convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie.

L'analyse microbiologique a montré une présence des coliformes totaux et fécaux a un taux nettement élevé à leur norme .Par contre, on relève l'absence de *Staphylococcus aureus*, *clostridium sulfito-réductrice*, *E.coli* et *salmonelles* dans tous les échantillons.

Au vu des normes du journal officiel 1998, notre produit est de qualité microbiologique non satisfaisante concernant les germes des coliformes totaux et fécaux et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 du journal officiel. Donc, le camembert analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication donc le produit est de qualité acceptable du point de vue microbiologique.

Conclusion

En Algérie, l'industrie fromagère est en voie de développement. Actuellement il existe plus de 70 laiteries localisées au niveau des trois principales régions du pays (Est, centre et ouest). Le fromage doit répondre à des critères de qualité stricts et contrôlés en permanence (qualité physico-chimique, qualité microbiologique et qualité hygiénique). Ainsi que la qualité organoleptique et la qualité rhéologique

Durant ce travail nous sommes intéressées à un fromage essentiel qui est le camembert lequel s'inscrit parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée. De plus, la haute valeur biologique de ses protéines lui est conférée tant par leur composition équilibrée en acides aminés, que par leur propriété de former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

Les échantillons de lait cru de vache destiné à la fabrication d'un fromage type Camembert et de produit fini « camembert » ont été analysés pour évaluer leurs caractéristiques physico-chimiques, hygiénique, sanitaire et microbiologique.

A la suite les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de lait cru de vache, sont conformes aux normes d'AFNOR. 1985, donc le lait cru utilisé dans la fabrication du camembert est de bonne qualité.

A la suite des différentes analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons de camembert, les résultats obtenus montrent une charge moyenne en coliformes totaux de 150 germes/g totaux qui est non conforme à la norme qui est égale à 10^2 , une charge moyenne en coliformes fécaux de 75 germes/g et une absence totale des germes *Staphylococcus aureus*, des Salmonelles et des Clostridium sulfite-réductrices. Donc du point de vue microbiologique le produit laitier est de qualité microbiologique non satisfaisante

A la suite les résultats d'analyses organoleptiques et rhéologiques montre une qualité satisfaisantes par rapport aux autres produits fabriqués à l'échelle pilote.

Pour conclure, on peut dire que notre étude montre que l'essai de fabrication du camembert, à base de lait cru de vache appliquée au niveau de la laiterie à l'échelle de laboratoire est réussi.

Liste des références Bibliographiques

A**BDOUNE O. (2003).** Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie Draa ben khedda: nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage .mémoire de magister en science alimentaire, Constantine, 88 pages.

AFNOR. (1985). Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition.

Agabriel C., Coulon J.B., Brunschwig G., Sibra C. et Nafidi C. (1995). Relations entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. INRA Prod. Anim., 8 (4). Pp : 251-258.

Alais C. (1975). Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris

Alais C. et Linden G ., 1997.Abrégé de biochimie alimentaire. 4 ème Edition. Masson.

Alais C. et Linden G., 1997.Biochimie alimentaire. Edition Masson.

Anonyme (1995). FOA. Organisation des nations unies pour alimentation et l'agriculture, catalogue avant publication de la bibliothèque Davide Lubin, Italie. 179-186 p.

Anonyme 2. (1999). Québec Amérique .Le guide des aliments, Indispensable à tout amateur de cuisine. Éd Québec Amérique inc, canada, 219 pages.

Anonyme., (2009) : Traite des vaches laitières : Matériel, installation, entretien. 1ereédition.France Agricole, institut de l'élevage : 554p.

B**ENLOUCIF R. 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 Master Professionnalisant, Université Frère Mentouri Constantine 1, 102pages.

BERESFORDT et WILLIAMSA. (2004). The Microbiology of Cheese Ripening Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition, Volume 1: General Aspects, Éd. Fox P., McSweeney P., Cogan T.,GuineeT,Academicpress.

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 : 55105514p.

Références Bibliographiques

Bertrand F. (1988). Le fromage grand œuvre des microbes. *Revue générale de froid*, 78,519527p.

Blanc B. (1982). Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *International dairy journal*, 62. pp : 350-395

Bonnyfoy C, Guillet F, Luyral G et Bourdis E-V., (2002) : Microbiologie et qualité dans les industries agro-alimentaires. Aquitaine : Doin, Paris. 248p.

Boutonnier JL. (2008). Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans *Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320)*, Paris.

Brulé. G., Lenoir. J., Remeuf. F., 1997. La micelle de caséine et la coagulation du lait, volume16, 3^{ème} édition la voisier, p7-14.

Brunner, 1981. Cow milk protein , twenty years of progress. *Journal Dairy Science*. 64: 1038-1040.

C.D.L.C., 1988. FRANCE. Décret N° 88-1206 du 30 décembre 1988. *Code de la consommation*.

Carole Vignola. R, 1970. Science et technologie de lait, volume2 , 3^{ème} édition,p13.

Cayot P. et Lorient D. (1998). Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.

Cecchinato. A., Degno. L., Carrier. P., 2009.effect of milk protein variant on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 92 : 5304-5313.

CHAMPIGNY P.L. (2011).biocompatibilité des bactéries lactiques probiotiques et d'affinage avec des mycètes du camembert isolées de laits de terroir québécois, mémoire présenté à la faculté des études supérieures de l'université Laval, 90 pages.

Cheftel, J.-C. et Cheftel, H. 1992. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 1. Ed. Tec et doc. Lavoisier. pp: 243-267

Cholet O. (2006). Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France.

Codex Alimentarius ; codex Stan 283-1978

Codex Alimentarius. (2010). Norme Codex pour le Camembert (codex Stan 2831978)[Enligne].URL:www.codexalimentarius.org/input/download/standards/218/CXS_276f.pdf.

Références Bibliographiques

Cuq J.L. (2007). Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25.

Debry G., (2001) ; lait, nutrition et santé. Ed : Technique et documentation, Lavoisier.
Paris : 566p.

Dieng M. (2001). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché Dakarois. Thèse Docteur vétérinaire, Université de Dakar Sénégal.

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

ECK A., 1997. - Qu'est-ce-que le fromage ?In : ECK, A. et GILLIS, J.C. - Le fromage 3e éd. Paris : Technique et documentation Lavoisier, 1997. Chap.21, 711-712.

Eck A. et Gillis J.C. (2006). Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.

ECK André., 1986.Le Fromage 2eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, paris.

Eck. A , Gillis J.C , Le fromage , 3eme édition TEC et DOC 2006 .891p

Eck. A , Gillis J.C , Le fromage , 3ème édition TEC et DOC 2006 .891p

Edima H.C., 2007. *Carnobacterium maltaromaticum*: caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine. 57-66.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28.

Fleet G. H. (1999). Microorganisms in food ecosystems. International Journal of Food

FONTENEAU S., comment faire les fromages frais, fermentés, affinés...

Guiraud J.P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. pp : 136-139.

Guiraud.J.1998.Microbiologie alimentaire.Edition : Paris.

Guiraud.J.2012.Microbiologie Alimentaire.Edition :paris

Références Bibliographiques

Goursaud J., (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

Goy D., Häni JP. , Wechsler D. et Jakob E. (2005). Valeur de la teneur en caséine du lait de fromagerie. Edition, Agroscope Liebfeld-Posieux. Groupe de discussions Gruyère N°27.

Grippon. JC., 1960 : la protéolyse, le lait matière première de l'industrie laitière, volume3, 3^{ème} édition, p34.

Goursaud J., (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M..Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. Edition l'usine. 119p.

Guègen L., (1979). Cach. Nutr. Diét. 14, 213-217p.

Hardy J ., 2004 .Le chlorure de sodium dans le lait et les produits fromagers .In : Gaucheron.F editor.Minéraux et produits laitiers,Paris ,France :Lavoisier Tec et Doc-pp 619643

Hermier J, Lenoir F et Weber F., (1992) : les groupes microbiens d'intérêt laitier, Ed : CEPIL, Paris : 559p

J.O.R.A.N°35. (1998). Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.

Jakob E., Winkler H. et Haldemann J. (2009). Critères Microbiologiques Pour La Fabrication Du Fromage. Edition, Agroscope Liebfeld-Posieux. Groupe de discussions N° 77. F. pp :5-31.

J.Mathieu, « Initiation à la physicochimie du lait ».Guide Technologiques des IAA.Ed.Lavoisier Tec et Doc,Paris,1998.

Labioui H.,Elmoualdi L., Benzakour A, El Yachioui M., Berny E., Ouhssine M. 2009. Étude physico-chimique et microbiologique de laits crus. Edition.Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. France. 10 p.

Laithier.C. (2011). Les fromages du terroir et microflore du lait cru. Ouvrage collectif de l'institut d'élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris. 131p.

Larpent JP. (1997). Microbiologie alimentaire, technique de laboratoire.464p.

Références Bibliographiques

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.

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

LENOIR J. LAMBERT G et SCHMIODT J.L., 1983. L'élaboration d'un fromage l'exemple du Camembert. *Pour la Science*, 69, 30-42.

Leseur.R, Melik.N.1990.Chapitre1 : lait de consommation dans : Lait et produits laitiers de vache volume (2).Edition : Tec et Doc. La Voisier, Paris.

Leyral G. et Vierling É. (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité alimentaires. 4e édition Biosciences et techniques. 87p.

Luquet F. M. (1985). Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

Luquet F. M. (1985). Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

M. Beau. La caséine et la présure. Le lait, inra editions, 1941, 21 (204_205_206),Pp.113-137. <hal-00927845>

Madji A. (2009). Séminaire sur les fromages AOP ET IGP.INAT. Tunisie

Mahaut. M.Jeantet.R, Brule.G, Schuck.P.2005. Edition, Londres, Paris. Chapitre2 : produits fermentés et desserts lactés dans. Les produits industriels laitiers.

Marchin S. (2007). Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse

Mathieu J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

Michel.J.C, Pouliot. M et Richard.J .2002. Science et technologie du lait. Edition : Canada.

Morrissay PA. (1995). Lactose : chemical and physicochemical properties. Dans *Developments in dairy chemistry* 3. (FOX PF). Elsevier, London.

Pougheon S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France.

Ramet J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.

Renard J. 2014. À propos du lait cru. Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement du Service public de Wallonie. 12 p.

Robinson R.K. (2002). Dairy microbiology handbook. The microbiology of milk and milk products. Third edition. Edition John Wiley and sons, INC. New York.780p.

Roudaut H. et Lefrancq E. (2005). Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments.

Tony HART, Paul SHEARS. Atlas de poche de microbiologie. FM 0125-99-X

Tyriseva.K., Vahlesten.T., Matiojola ., 2004. No coagulation of milk in finisch Ayrchireand Holshtein, effect of hard on milk coagulation ability. Journal of Dairy Science p87: 3958-3966.

Varnam A.H. et Sutherland P. (2001). Milk and Milk Products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Volume 1 Food products series. An Aspen Publication. New York. pp: 35-37.

Veisseyre R. (1975). Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Edition la maison rustique, Paris.

Vesseyre.R.1979.Technologie du lait; constitution. Récolte, traitement et transformation du lait. Edition, la maison rustique.

Vierling E., 2003.Alimentation et boisson : technique et aspect réglementaires. 1 ème édition, Doin.

Vignola C-L., (2002) : Science et technologie du lait, transformation du lait, volume11, 4^{eme} édition,p67

Vignola. Cl ,2002 : Science et technologie de lait, transform

Liste des sites électroniques

[1] : http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/LSPrdts/GR19/B139_3.HTM

[2] : <https://www.quizz.biz/quizz-143132.html>

[3] : <http://www.azaquar.com/doc/composition-physico-chimie-et-microbiologie-du-lait>

[4]:<http://www.keldelice.com/gastronomie/articles/camembert-de-normandie-fromagea-pate-molle-et-croute-fleurie-aoc-aop>

[5]: <http://www.guide-des-aliments.com/dietetique/Information/Microorganismes/CE-Fermentation-Fromages.html>

[6] : <http://www.fao.org>

[7]: <http://www.mavallee.com>

Listes des Annexes

Annexe 01 : Photo originales représentent les étapes de fabrication du camembert à l'échelle de laboratoire

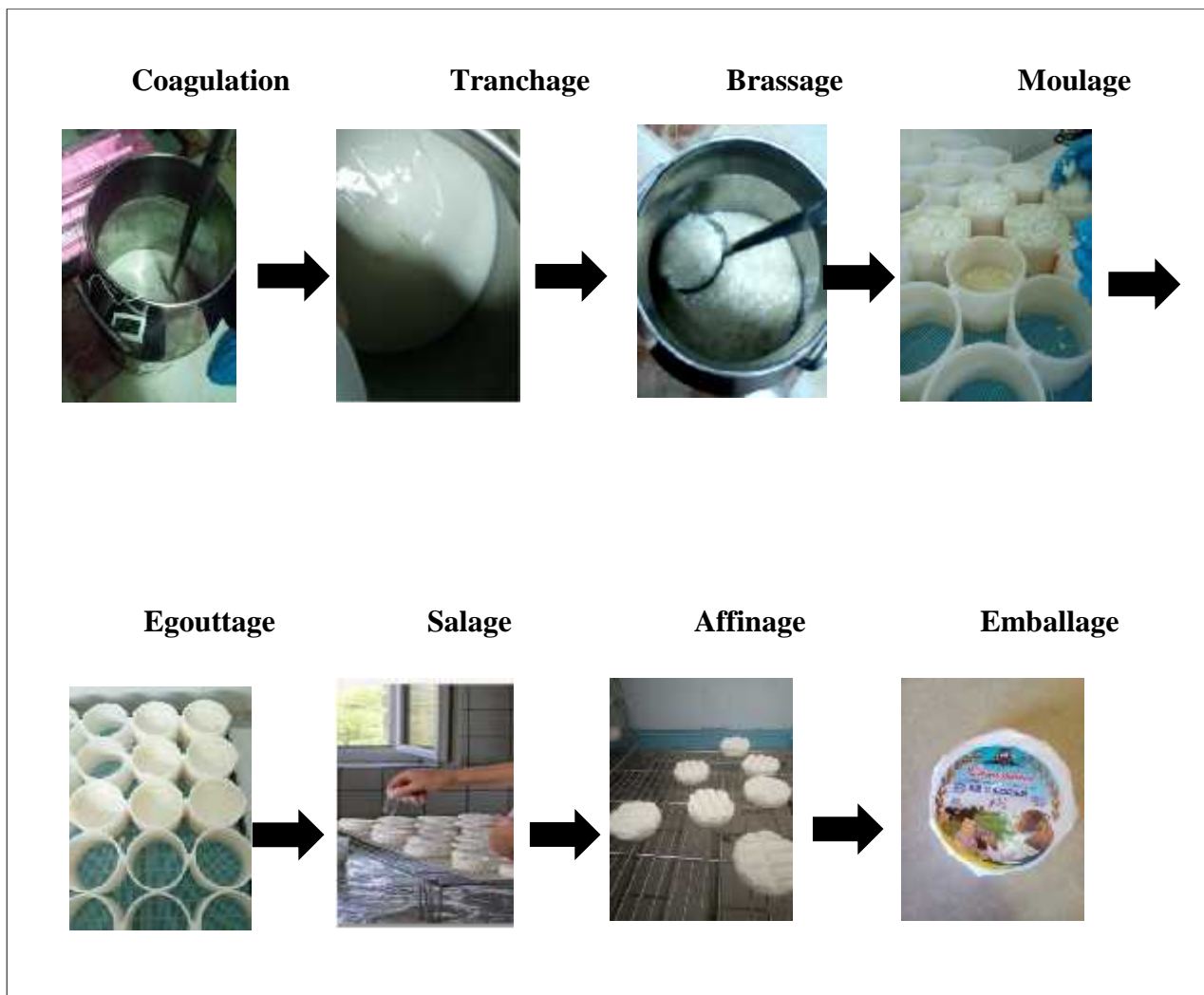


Figure N°24 : procédé de fabrication du camembert à l'échelle de laboratoire

Annexe 02 : Milieux de cultures

Les milieux de cultures utilisés lors de la présente étude sont :

➤ **Milieu solide:**

- Gélose Chapman.
- Gélose Hektoen.
- Gélose Plate Count Agar (PCA).
- Gélose Viande Foie (VF).

➤ **Milieu liquides:**

- Bouillon Sélénite acide de Sodium et à la cystéine (SFB + Cystéine).

Composition de milieu de culture :

❖ **Plate Count Agar(PCA) :**

- Bio trypease5g
- Extrait de levure.....2.5g
- Glucose1g
- Aga.....15g
- Eau distillée.....1000ml
- Autoclave 15min a 115°C.....0.025g
- pH final.....7.4

❖ **Milieu de Chapman (gélose de mannitol) :**

- Extrait de viande de bœuf.....1g
- Bio-polytone10g
- Chlorure de sodium.....5g
- D-mannitol.....10g
- Gélose.....15g

- Rouge de phénol.....0.025g
- Eau.....1000ml
- pH final.....7.4
- autoclave :15 min 121°C

❖ **Gélose Hektoen :**

- Protéose-peptone12g
- Extrait de levure3g
- Chlorure de sodium.....5g
- Thiosulfate de Sodium5g
- Sels biliaries.....9g
- Citrate de fer ammoniacal.....1.5g
- Salicine.....2g
- Lactose12g
- Saccharose.....12g
- Fucine acide0.1g
- Bleu de bromothymol.....65g
- Gélose.....13g

❖ **Milieu VRBL**

- Milieu de culture déshydraté.
- Milieu utilisé pour la recherche et le dénombrement des coliformes.
- Formule en g/ln d'eau distillée :
 - Peptone de viande.....10
 - Bile de bœuf desséchée..... 20
 - Lactose.....10
 - Vert brillant.....23ml
- PH.....7.4
- Dissoudre de 40g dans un litre d'eau distillée.
- Autoclave 15 à 121 °C
- Conserver dans un endroit frais et en absence d'humidité.

❖ **Gélose nutritive**

- Milieu de culture déshydraté
- Milieu utilisé pour la culture, croissance et numération de germes peu exigeantes.
- Formule g/l d'eau distillée :

- Peptone de viande10
- Extrait de viande03
- Extrait de levure.....03
- Chlorure de sodium.....05
- Agar.....18
- PH.....7.3±0.2

➤ préparation :

- dissoudre 39g dans un litre d'eau distillée.
- Autoclave 15 a121°C.
- Conserver dans un endroit frais en absence d'humidité.

❖ **Bouillon d'enrichissement au sélénite et à la cystéine (SFB)**

- Peptone de caséine.....5g
- L-mannitol.....0.01g
- Lactose.....4g
- Phosphate de sodium.....4g
- Eau distillée.....1000ml

❖ **Gélose oxytétracycline-glucose (OGA)**

- Extrait de levures5g
- Glucose.....20g
- Gélose16g

pH, autoclaver 20minutes à115 °C. Ajouter avant emploi au milieu en surfusion, 100mL d'oxytétracycline (téramycine) à 1mg/mL et répartir en boîte de pétri

❖ **Beard parcker**

- Tryptone.....10g
- Extrait de viande5g
- Extrait de levure.....1g
- Chlorure de lithum.....5g
- Gélose20g
- Sulphamézatine de sodium à 0,2% (facultatif)*...25mL

pH 7 autoclaverde 15minutes à 120°C. Ajouter au moment de l'emploi à 100mL de milieu en surfusion**

Glycocolle à 12%10mL

Tellurite de potassium à 1%.....1mL

Emulssion stérile de jaune d'œuf***

*la solution de sulfamézathine de sodium est préparée en dissolvant 0.5g de sulphamézathine dans 25mL de soude 0.1N et en complétant à 250mL par l'eau distillée

**certains auteurs ne rajoutent aseptiquement que le tellurite de potassium et le jaune d'œuf, le glycocolle et le pyruvate étant joints au milieu de base

***15 mL de jaune d'œuf prélevés aseptiquement et additionnés de 35mL d'eau physiologique

Annexe 03 : Résultats d'analyse microbiologique

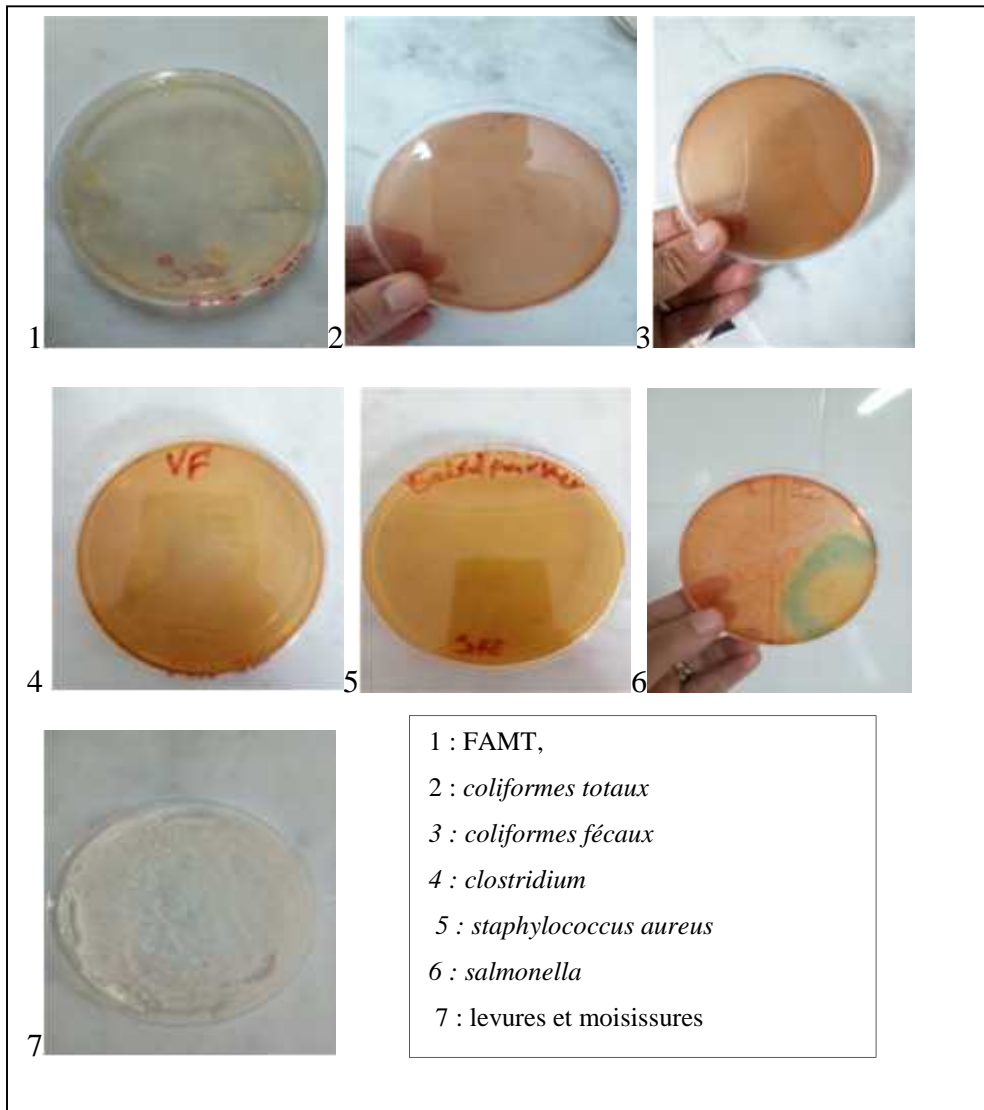


Figure N°25: Photos originales des résultats d'analyses microbiologiques

Annexe 04: Tableaux d'analyses microbiologiques

Tableau N°11 : résultats obtenues du 1^{ère} contrôle d'analyses microbiologiques camembert

Teste	FAMT	C.T	C.F	LM	CSR	<i>STaph</i>	<i>Salmonelle</i>	
Nombre de boites	2 boites	2 boites	2 boites	2boites	2boites	2 boites	2 boites	
Milieu de culture	PCA	VRBL	VRBL	OGA	VF	Baird parcker	Hecktoen	
T°/Durée d'incubation	30°C/72h	37°C/24H	44°C/24H	5jrs à la T° ambiante	44°C/24H	37°C/24H	44°C/24H	
Nombre de colonies	154 214	1 1	1 0	IN D	IND	AB S	ABS ABS	Abs
Nombre de cellules UFC/g	1673	100	50	/	/	/	/	

Tableaux des résultats obtenus du 2^{ème} contrôle du camembert

Tableau N°12 : Résultat de dénombrement des FAMT

Teste	FAMT			
Milieu de culture	PCA			
T°/durée d'incubation	30°C/72h			
Dilutions décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	86	54	10	Abs
Nombre de cellules UFC/g	12727			

Tableau N°13: Résultat de dénombrement des coliformes totaux

Teste	Coliformes totaux			
Milieu de culture	VRBL			
T°/durée d'incubation	30°C/48h			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	2	0	0	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	200			

Tableau N°14 : Résultat de dénombrement des coliformes fécaux

Teste	Coliforme fécaux			
Milieu de culture	VRBL			
T°/durée d'incubation	44°C/48h			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	1	0	0	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	100			

Tableau N°15 : Résultat de dénombrement de *Staphylococcus Aureus*

Teste	<i>Staphylococcus aureus</i>			
Milieu de culture	Beard parcker			
T°/durée d'incubation	37°C/48h			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	Abs	Abs	Abs	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	/			

Tableau N°16: Résultat de dénombrement des *Clostridium sulfito-réductrice*

Teste	<i>Clostridium sulfito-réductrices</i>			
Milieu de culture	VF			
T°/durée d'incubation	44°C/24h			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	Abs	Abs	Abs	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	/			

Tableau N°17 : Résultat de dénombrement des levures et moisissures

Teste	<i>Levures et moisissures</i>			
Milieu de culture	OGA			
T°/durée d'incubation	Température ambiante pendant 5jours			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	122	87	43	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	22909			

Tableau N°18 : Résultat de dénombrement du *Salmonella*

Teste	<i>Salmonella</i>			
Milieu de culture	Hecktoen			
T°/durée d'incubation	Température ambiante pendant 5jours			
Dilution décimales	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	Témoin
Nombre de colonies	Abs	Abs	Abs	Abs
Nombre de cellules UFC/ml	/			

Annexe 05 : Le résultat de la dégustation

jury dégustation									
caractéristiques	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Couleur									
Blanc mat									
Blanc crème									
Jaune pale	*		*				*		*
Jaune		*		*	*	*		*	
Bleuté									
Odeur									
lactique	*		*						*
végétale									
animale		*		*	*	*	*	*	
Odeur non spécifique									
Saveur									
Doux	*		*						*
Salée		*		*		*	*		
Amer								*	
Rance									
Acide			*						
viscosité									
Dure									
Moelleux	*		*	*	*		*		*
Coulante		*				*		*	
Appréciation du produit									
Agréable	*		*			*	*	*	*
Moyennement agréable		*		*	*				
désagréable									

Figure N°26: la fiche de dégustation du camembert

Annexe 06 : matériels utilisés

1. Matériels utilisés dans l'essai de fabrication du camembert

Appareillage

- Récipient de 5 litres
- La louche
- Spatule métallique
- Fouille
- Thermomètre
- Balance

Matériels biologiques

- Lait cru de vache
- Ferments lactiques lyophilisés (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis subsp lactis*, *Lactococcus lactis subsp lactis var diacetylactis* et de *Leuconostoc*)
- Présure
- Calcium (CaCl₂)
- Ferments fongiques lyophilisés (*Geotrichum candidum* et *pénicillium camemberti*)

2. Matériels utilisés dans l'analyse physique-chimique

• Appareillage

- Une éprouvette de 250 mL
- Un thermo lactodensimètre (étalonné à une température donnée)
- Centrifugeuse
- Echantillons du lait cru
- Flacons de récepteur
- Flacon de tigettes
- Seringue
- Embouts
- Un acidimètre Dornic
- béciers
- Une pipette de 10 mL

- Butyromètre
- Pipettes
- Echantillons du camembert
- Balance intégrée
- dessiccateur infrarouge
- bain marie
 - Produits et réactifs
 - Un indicateur de pH : la phénolphtaléine
 - Solution de l'acide sulfurique
 - Solution d'alcool iso-amylque
 - Solution de NaOH de normalité N/9.

3. Matériels utilisé pour l'analyse microbiologique

Appareillage

- ✓ Pipettes pasteur
- ✓ Pipettes graduées 10 mL, 1 mL
- ✓ Tubes à essais
- ✓ Flacon de verre
- ✓ Boîtes de pétri
- ✓ Etuves de 30° C, 37°C, 44° C
- ✓ Agitateur électromagnétique
- ✓ Bec Bunsen
- ✓ Lame et lamelle
- ✓ Microscope optique

Bouillons Milieux de cultures

- Gélose PCA
- Gélose VF
- Bouillon sélénite F broth SFB
- Gélose OGA
- Gélose Hektoen
- Gélose Chapman et beard parcker
- Gélose VRBL

Diluants

- Eau physiologique
- Bleu de méthylène