



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar EL-OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

THEME

Fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert à base du lait camelin et du lait caprin avec la présure cameline

Présenté par :

- ✓ **BENNACEUR Hind**
- ✓ **MELIK Nesrine**
- ✓ **FERHAT Djaouher**
- ✓ **CHERIFI Maria**

Devant le jury composé de :

- Président** : Mme. BEKKOUCHE Amal M.A.A, Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued.
Examineur : Mr. ZAATER Abdelmalek M.C.B, Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued.
Promotrice : Mme. BOURAS Biya M.A.A, Université Echahid Hamma Lakhdar D'El-Oued.



REMERCIEMENTS

En premier lieux nous remercierons Dieu le tout Puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience nécessaires pour accomplir cet humble travail, qui est le fruit du travail de nombreuses années d'études.

*A notre promotrice, **Mme BOURAS Biya**, qui nous a encadrés tout au long de ce travail avec efficacité et rigueur scientifique, et nous a apporté sa gentillesse, sa disponibilité, ses conseils et surtout sa confiance, ce qui nous a permis d'exprimer nos compétences au cours de ce travail.*

*Nous exprimons également nos sincères remerciements et notre gratitude à **Mme Latifa** pour ses précieux conseils et son aide au laboratoire. Aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail :*

*-Madame le professeur **BEKKOUCHE. A** pour son acceptation de présider ce jury, par ses conseils éclairés, elle enrichira cette étude.*

*-Monsieur le professeur **ZAATER. A** pour avoir accepté de faire examinateur du jury, par ses conseils et remarques il contribuera à améliorer la qualité de ce travail.*

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles pour leur soutien matériel et moral et leurs encouragements pendant toutes ces années scolaires, et nos sincères remerciements à toutes les personnes connues et inconnues qui ont contribué de près ou de loin à mener à bien cet humble travail.

Merci à tous et à toutes.

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ"

Je dédie ce travail à cet ange qui m'a comblé de sa tendresse et de son soutien durant mes années scolaires, et grâce à lui je suis devenu ce que je suis aujourd'hui auprès de **ma chère mère**, à qui, ce que je dis d'elle, je ne pourrai pas donner elle a raison, je lui souhaite santé et bien-être. A mon **cher père** qui a été une bougie qui éclaire mon chemin et qui m'a appris à ne pas abandonner quelle que soit la difficulté de mon chemin et m'a encouragé par son soutien matériel et moral. J'espère que ce rapport est le meilleur cadeau que je puisse vous offrir à tous les deux.

À tous les membres de ma famille pour m'avoir soutenu tout au long de mon parcours universitaire.

J'adresse mes sincères remerciements à ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion de ce travail, et m'ont donné amour et vitalité.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon fiancé **Oussama** pour ses encouragements et son soutien à mon égard.

A tous mes amis : **Maria, Hind, Ferial, Akifa, Siham, Asmaa** et **Roumaisa** et Surtout ma chère amie **Djaouher**, elle était la meilleure soeur avant d'être ma petite amie je leur souhaite du succès dans la suite de leur carrière.

Enfin, j'exprime ma gratitude à notre promoteur, **Mme BOURAS Biya**, qui nous a soutenus.

Nesrine

Dédicace

Je suis honoré de dédier cet humble travail qui a été accompli par la grâce de Dieu Tout-Puissant.

A mon cher père, Mohammed Faouzi, dont je suis fier quand son nom est mentionné, il a cru en moi et en mes capacités et m'a soutenu, que ce soit matériellement ou moralement, qui m'a trempé de son amour, de son appréciation et de son respect pour moi et mes choix de vie, que ce soit dans les études ou à l'extérieur. Ce que je suis aujourd'hui est le fruit de Vos efforts et de Vos sacrifices pour m'éduquer et subvenir à tous mes besoins sans fatigue ni ennui.

A ma chère mère, Amal, le pilier de la maison, la propriétaire d'un bon cœur, la source de tendresse et l'exemple de sincérité qui n'a jamais cessé de m'encourager et de prier pour moi, qui éclairait mon chemin. Je demande à Dieu Tout-Puissant d'exaucer votre souhait de visiter la maison de Dieu avec mon père et de vous protéger et de vous garder en bonne santé.

Je suis fier de toi d'être mes parents

A mes chères sœurs **Soundes** et **Malak**, J'espère que vous continuerez vos études et atteindrez votre objectif dans la vie.

A mon cher frère **Mohammed Elhadi**, sa femme et ses deux filles, **Assil** et **Iline**, leurs chères tantes.

A ma chère tante **Sonia**, que me considère comme ma deuxième mère.

A mes grands-mères **Djamila** et **Messouda**, Je demande à Dieu Tout-Puissant de vous bénir avec la santé et longue vie.

A mes chères **tantes** et **oncles**.

A mes chère **Yamina** et surtout ma tante **Nadjla**, je demande à Dieu de vous bénir avec des enfants et ma chère A mon cher encadreur, **Bouras Biya**.

A mes amis **Djaouher**, **Nesrine**, et surtout ma chère **Maria**, pour leur aide dans la réalisation de ce travail.

A tous les membres de la famille **Bennaceur** et de la famille **Acila**. À tous ceux qui comptent pour moi, aidez-moi et soutenez-moi pour continuer, même avec un mot gentil.

Enfin, je demande à Dieu Tout-Puissant de m'aider à terminer ma carrière universitaire et à réaliser ce que je souhaite.

Hind

Dédicace

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم
من لم يتكبر الناس لم يتكبر الله ومن أهدى إليكم معروفا فكافؤوه فإياه
لم تسكعوا فأوجوا له

Conformément à cet égard et en reconnaissance de la beauté, je remercie Dieu qui nous a aidés à valoriser cette étape de notre chemin d'étude avec notre mémoire le fruit de l'effort et du succès grâce à lui Tout-Puissant.

Je dédie cette humble œuvre de l'esprit pur, à ma première maîtrise et à toute ma vie, à ma

Chère mère

Je dédie ce travail au lien de ceux qui ont lutté pour arriver à qui je suis

Cher père

À mes frères bien-aimés pour leur soutien constant et leur encouragement à moi, à tous les membres de ma famille.

Aux propriétaires du voyage : **Nesrine, Hind, Maria, Ferial, Roumisa, Iman, Akifa, Siham** et **Chaima**, qui ont partagé ses moments avec moi. À tous les amis qui ont fait partie de ma vie mon amour et ma prière.

À tous les enseignants exceptionnels et à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre au succès de l'humble travail.

Djaouher

Dédicace

Dieu soit loué, qui m'a permis de mener à bien ce modeste travail, fruit d'efforts et de diligence.

Tout d'abord, je dédie ce travail en premier lieu à mon bien-aimé notre prophète Muhammad, que la prière et la paix de Dieu soient sur lui.

Ensuite à celle qui, grâce à elle j'ai vu le chemin de ma vie et à laquelle j'ai tiré ma propre force et la fierté de moi-même ; à celle qui lutte sans cesse et qui ne connaît jamais l'impossible ; ma très chère mère que Dieu la protège.

A celui qui a lutté, s'est sacrifié et s'est épuisé pour mon confort et mon bien être et pour trouver le chemin du succès qui me permettra de grimper à l'échelle de la vie et d'atteindre les sommets : mon cher père que le tout puissant le préserve.

A ceux qui leur amour court dans mes veines et mon cœur brille de leur souvenir : mes frères bien-aimés (**Yasser, Ziade et Outhaila**).

A ceux dont les prières (**douà**) m'assistent au chemin de la science et m'aident à atteindre et réaliser mes souhaits et mes ambitions : mes chers grands parents chacun en son nom.

A ma chère grande famille **Cherifi**, mes oncles paternels et maternels chacun en son nom et sa place.

A mes copines de chemin qui ont partagé avec moi les moments de recherche et de diligence (**Djaouher, Nesrine** et surtout ma chère **Hanadi**), sans oublier bien entendu tous les amis, les collègues et en particulier la section (biochimie appliquée) 2021/2022

Et surtout ma plus grande gratitude va à mon encadreuse, pour sa disponibilité Madame **Biya. B** pour m'avoir soutenu.

Ma dédicace à tous ceux qui ont un impact sur ma vie et que mon cœur aime et que ma plume malheureusement oublie.

María

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation.

ANOVA : Analyse de la variance.

aw : activity water (activité de l'eau).

°C : Degré Celsius.

CaCl₂ : Chlorure de calcium.

CMP : caséinomacropéptide

CN- α S : Caséine α S.

CN- β : Caséine β .

CN- κ : Caséine κ .

cm : centimètre.

CCD : Central composite design.

d : désirabilité.

DOE : Design optimisation expérience

Da : Dalton.

°D : Degrés Dornic.

EST : Extrait Sec Total.

FAO : Food and Agriculture Organization.

F1 : Formulation 1.

F2 : Formulation 2.

F3 : Formulation 3.

J : jour.

HCl : Acide chlorhydrique.

H₂SO₄ : Hydroxyde sulfure.

h : heure.

g : gramme.

Kg : Kilogramme.

Kcal : Kilocalorie.

KDa : Kilo-Dalton.

L : Litre.

LCM : Lait camelin.

LCP : Lait caprin.

M : Molarité.

MG : Matière grasse.

MM : Masse Moléculaire.

MS : Matière sèche.

m : mètre.

ml : millilitre.

min : minute.

mg : Milligramme.

N : Normalité.

Na Cl : Chlorure de Sodium.

Na OH : Hydroxyle de sodium.

PH : Potentiel hydrogène.

PL : Présure commerciale.

PGRP : Peptidoglycane recognition protéine.

PCM : Présure cameline.

PMB : Présure microbienne.

Q : Volume d'extrait coagulant.

R : Régression

s : second.

T : Température.

Tr/min : Tour par minute.

Tc : Temps de coagulation.

UP : Unité présure

US : Unité de Surface.

U.A.C : Unité d'activité coagulante.

UHT : Ultra Haute Température.

UI : International unit.

V : Volume.

% : Pour-cent.

μ m : Micromètre

Liste des Figures

Figure 01: Structure d'une micelle de caséine stable et d'une submicelle caséinique	13
Figure 02 : Représentation schématique de la structure de la micelle de caséine selon le modèle de (Horne, 1998).....	17
Figure 03 : Hydrolyse de la caséine κ par la présure (Fox <i>et al.</i> , 1994).....	26
Figure 04: Etape de la coagulation enzymatique (Florian, 2012).....	26
Figure 05 : Formation d'un caillé présure par action de la présure sur les caséines du lait (Florian, 2012).	27
Figure 06 : Fromage type Camembert (Fox <i>et al.</i> , 2017).....	36
Figure 07 : image photographique d'une caillette camelin.	40
Figure 08 : Appareil Milcoscan	41
Figure 09 : Protocole d'extraction de la présure cameline (wangoh <i>et al.</i> , 1993).....	42
Figure 10 : Extrait final de la présure cameline	43
Figure 11 : Etapes de la méthodologie de surface de réponse.	46
Figure 12: Diagramme représente les étapes de la fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique.	49
Figure 13 : Diagramme de fabrication du camembert, affiné en surface.	51
Figure 14 : Graphique de surface de réponse du temps de floculation du lait cameline et le lait caprin des trois formulations avec la présure cameline	60
Figure 15 : Graphique de surface de réponse du temps de coagulation du lait mélange (lait cameline et le lait caprin) des trois formulations avec la présure cameline	65
Figure 16 : Présente les trois formules de fromage frais à base de lait pasteurisé avec présure cameline.	67
Figure 17 : Fromage à pâte molle type camembert produit avec la présure cameline (A) et la présure microbienne (B).....	67
Figure 18 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Aspect de la surface).	68
Figure 19 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Texteur de la pâte).	69
Figure 20 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Arome).....	69
Figure 21 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Saveurs/Gout).....	70

Liste des tableaux

Tableau N° 01 : Teneur en vitamines du lait de caprin (g/l) (FAO, 2002).....	18
Tableau N°02: classification de fromages (FAO/OMS, 1999).	35
Tableau N° 03 : Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert pour 100g (Guégen, 1979).....	37
Tableau N° 04 : facteurs, codes et niveaux du plan d'expérience pour les paramètres de pH et T°C	47
Tableau N° 05 : Variables réelles et codifiées des variables indépendantes	47
Tableau N° 06 : Résultats d'analyses physico-chimiques du lait	54
Tableau N° 07 : Résultats de la caractérisation des extraits enzymatiques	55
Tableau N° 08 : présente les données expérimentales du temps de floculation avec la présure cameline des différentes formulations.....	56
Tableau N° 09: résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la floculation des trois formulations	57
Tableau N° 10: présente les valeurs de p de différents coefficients de régression pour les trois formulations étudiées	58
Tableau N°11 : présente les points optimaux de la floculation	59
Tableau N° 12: présente les données expérimentales du temps de coagulation avec la présure cameline des différentes formulations.....	61
Tableau N°13 : résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la coagulation des trois formulations	62
Tableau N°14: résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la coagulation des trois formulations	63
Tableau N°15 : présente les points optimaux de la coagulation.....	64
Tableau N°16 : Résultat du rendement de fabrication fromagère au lait pasteurisé.	66

Sommaire

REMERCIEMENTS	
Liste des abréviations	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Sommaire.....	
Resumé.....	
Introduction	1

Partie I: Bibliographique

Chapitre I: Généralité sur le lait

I. Elevage en Algérie	6
I.1. Elevage camelin en Algérie.....	6
I.1.1. Mode d'élevage camelin	6
I.1.2. Populations cameline en Algérie.....	6
I.1.3. Production laitière cameline en Algérie	7
I.2. Elevage caprin en Algérie	8
I.2.1. Mode d'élevage caprin.....	8
I.2.2. Populations caprines en Algérie.....	9
I.2.3. Production laitière caprine en Algérie.....	10
II. Généralité sur le lait	11
II.1. Lait camelin	11
II.1.1. Définition	11
II.1.2. Propriétés physico-chimiques du lait de camelin.....	11
II.1.3. Composition chimique du lait de camelin	12
II.1.4. Caractéristique nutritionnelle du lait de camelin	14
II.1.5. Aptitudes à la coagulation du lait camelin.....	15
II.2. Lait caprin	15
II.2.1. Définition	15
II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait de caprin.....	16
II.2.3. Composition chimique du lait de caprin	16
II.2.4. Caractéristique nutritionnelle du lait de caprin.....	18
II.2.5. Aptitudes à la coagulation du lait caprin.....	19

Chapitre II: Agent coagulante

I. enzymes coagulantes dans la fabrication du fromage	21
---	----

Sommaire

I.1. Définition	21
II. Principaux Sources des enzymes coagulantes du lait	21
II.1. Enzymes d'origine animale.....	21
II.1.1. Présure	21
II.1.2. Présure cameline	21
II.1.3. Chymosine	21
II.1.4. Pepsine	22
II.1.5. Pepsine bovine	22
II.1.6. Pepsine de poulet	22
II.2. Enzymes d'origine microbienne	22
II.2.1. Origine bactérienne	23
II.2.2. Origine fongique	23
II.3. Enzymes d'origine végétale.....	23
III. Coagulation du lait	24
III.1. Mécanismes de coagulation.....	24
III.2. Différents types de coagulation du lait	24
III.2.1. Coagulation acide	24
III.2.2. Coagulation enzymatique	25
III.2.3. Coagulation mixte.....	27
III.3. Facteurs influçant la coagulation du lait.....	27
III.3.1. Effet de la concentration de l'enzyme	27
III.3.2. Effet du pH	28
III.3.3. Effet de la température	28
III.3.4. Effet de la teneur en ions calcium (CaCl ₂).....	28
III.3.5. Effet de Teneur en caséines	28
III.3.6. Effet de Dimension des micelles	28
III.4. Evaluation de la coagulation.....	28
III.4.1. Temps de coagulation.....	28
III.4.2. Temps de prise.....	29
III.4.3. Activité coagulante	29
III.4.4. Force coagulante.....	29
Chapitre III: Généralités sur Les fromages	
I. Fromage.....	31
I.1. Définition	31

I.2. Composition du fromage.....	31
I.3. Principales étapes de fabrication de fromage.....	31
I.3.1. Traitements du lait.....	31
I.3.2. Caillage ou (coagulation).....	32
I.3.3. Egouttage.....	33
I.3.4. Salage.....	33
I.3.5. L'affinage.....	34
I.4. Classification des fromages.....	34
II. Biotechnologie fromagère des pâtes molles de type camembert.....	35
II.1. Historique.....	35
II.2. Définition de camembert.....	35
II.3. Fabrication de camembert.....	36
II.4. Composition et valeur nutritionnelle de camembert.....	37
Partie II: Matériels et Méthodes	
I. Matériel.....	39
I.1. Matériel Biologique.....	39
I.1.1. Lait camelin.....	39
I.1.2. Lait caprin.....	39
I.1.3. Lait bovin.....	39
I.1.4. Substrat de BERRIDGE.....	39
I.1.5. Caillette cameline.....	39
I.1.6. Présure microbienne.....	40
I.1.7. Ferments Mésophiles.....	40
I.1.8. Ferments Thermophile.....	40
I.1.9. Géotrichum.....	40
I.1.10. Penicillium.....	40
I.2. Appareille.....	41
I.2.1. Petits Matériels.....	41
I.2.2. Produits chimiques.....	41
II. Méthodes.....	41
II.1. Caractérisation physico-chimique du lait.....	41
II.2. Extraction des enzymes coagulantes.....	42
II.3. Caractérisation de la présure cameline.....	43
II.3.1. Activité coagulante.....	43

II.3.2. Temps de coagulation	43
II.3.3. Force coagulante	44
II.3.4. Dosage de la protéine.....	44
II.3.5 Activité spécifique	45
II.4. Pasteurisation de lait	45
II.5. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode des surfaces de réponse	46
II.5.1. Construction du plan d'expérience	46
II.5.2. Modélisation de la réponse	48
II.5.3. Traitement statistique.....	48
II.6. Validation des résultats (Fabrication de fromage frais).....	48
II.7. Rendement de fromager.....	49
II.8. Fabrication de fromage à pâte molle type camembert.....	50
II.9. Caractérisation sensorielle du fromage à pâte molle type camembert.....	51
Partie III: Résultats et Discussion	
I. Résultats d'analyses physico-chimiques de lait.....	54
II. Résultats de caractérisation l'extrait enzymatique (présure cameline)	55
II.1. Activité coagulante	55
II.2. Force de coagulation	55
II.3. Teneur en protéine	55
II.4. Activité spécifique	56
II.5. Temps de coagulation	56
III. Optimisation des paramètres de pH et de la température floculation et coagulation par méthode surface de réponse.....	56
III.1. Optimisation du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline	56
III.1.1. Modélisation statistique du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline	57
III.1.2. Modélisation du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline	58
III.1.3. Graphiques de surface de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline	60
III.2. Optimisation du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline	61

Sommaire

III.2.1. Modélisation statistique du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline	62
III.2.2. Modélisation du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline.....	63
III.2.3. Graphiques de surface de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline	65
IV. Fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique (validation des résultats de l'optimisation)	66
V. Analyse sensorielle du fromage à pâte molle type camembert	67
V.1. Aspect de la surface	68
V.2. Texture de la pâte.....	69
V.3. Arôme	69
V.4. Saveurs/ Gout	70
V.5.Appréciation globale du camembert.....	70
Conclusion.....	71
Références Bibliographiques	74
Annexe	89

Resumé

Ce travail a pour but de prendre les points optimaux et de les utiliser pour faire du camembert à pâte molle sur la base de lait pasteurisé mixte (lait de caprin et lait de camelin) avec présure cameline. Après avoir évalué la qualité du lait de caprin et du lait de camelin, déterminé les propriétés chimiques et physiques et caractérisé la présure cameline, qui a montré une activité de coagulation de (2.83 UP/ml) et force de coagulation égale à (1/952.38) et force d'activité spécifique (859.1 UP/ mg). Montrer l'amélioration du pH, de la température de floculation et de la coagulation par la méthode de réponse de surface sur différentes formulations de lait pasteurisé présure cameline pour les trois formules suivantes : Formule 1 (50 % lait de caprin ; 50 % lait de camelin), Formule 2 (75 % lait de caprin ; 25 % lait de camelin) et Formule 3 (25 % lait de caprin ; 75 % lait de camelin). Et les couples optimaux de température et de pH pour le temps de floculation étaient les suivants : Formule 1 (température 30 °C et pH 5.30), formule 2 (40.54 °C et pH 5.30) et pour la formule 3 (42 °C et pH 5.17) et le temps de coagulation pour les trois formules précédentes, respectivement, (38.60 °C et pH 6,15) ; (38.72 °C et pH 6.16) et (41.03 °C et pH 5.75). Du fromage frais a été fabriqué à partir de ces formulations pour confirmer les résultats. Ensuite, la formule 1 a été choisie (50 % lait de caprin ; 50% de lait de camelin) avec de la présure camelin pour faire un camembert à pâte molle et le comparer à la formule utilisant de la présure était microbienne et les résultats de rendement étaient de 9.46 % et 7.66%, respectivement. La qualité du camembert a été évaluée par un comité composé de 20 personnes (professeurs et étudiants), et ses résultats ont montré que le camembert caillé à la présure cameline est bien meilleur que le fromage caillé à la présure microbienne avec un pourcentage de 70% très bon.

Les mots clés : Camembert, mélange de lait, pasteurisation, présure cameline, présure microbienne.

Abstract

This work aims to take the optimal points and use them to make Camembert soft cheese on the basis of mixed pasteurized milk (goat milk and camel milk) with camel rennet. After evaluating the quality of both goat milk and camel milk, determining the chemical and physical properties, and characterizing camel rennet, which showed a coagulation activity of (2.83 UP/ml) and coagulation strength equal to (1/952.38) and specific activity strength (859.1 UP/mg). Show the improvement of pH, flocculation temperature and coagulation by surface response method on different formulations of pasteurized milk with camel rennet for the following three formulas: Formula 1 (50% goat's milk; 50% camel milk), Formula 2 (75% goat's milk; 25% camel milk) and Formula 3 (25% goat's milk; 75% camel milk). And the optimum pairs for temperature and pH for flocculation time were as follows: Formula 1 (temperature 30 °C and pH 5.30), formula 2 (40.54 °C and pH 5.30) and for formula 3 (42 °C and pH 5.17) and the clotting time for the previous three formulas, respectively, (38.60 °C and pH 6.15); (38.72 °C, pH 6.16) and (41.03 °C, pH 5.75). Fresh cheese was made from these formulations confirmation of results. Then formula 1 was chosen (50% goat's milk; 50% camel milk) with camel rennet to make a soft Camembert cheese and compare it to the formula using rennet was microbial, and the yield results were 9.46% and 7.66%, respectively. The quality of Camembert cheese was evaluated by a committee consisting of 20 people (professors and students), and its results showed that Camembert curdled with camel rennet is much better than cheese curdled with microbial rennet with a percentage of 70% very good.

Key words: Camembert, milk mixture, pasteurized, camel rennet, microbial rennet.

ملخص

يهدف هذا العمل لأخذ النقاط المثلى واستخدامها لصنع جبن طري من نوع كمبرت على أساس الحليب المختلط المبستر (حليب الماعز وحليب الإبل) مع منفحة الإبل. بعد تقييم جودة كل من حليب الماعز وحليب الإبل وتحديد الخصائص الكيميائية والفيزيائية، وتوصيف منفحة الإبل التي أظهرت نشاط تخثر قدره (مل/UP 2.83) وقوة تخثر تساوي (1/952.38) وقوة محددة النشاط (ملغ/UP 859.1).

أظهر تحسين درجة الحموضة ودرجة حرارة التلبد والتخثر بطريقة سطح الاستجابة على تركيبات مختلفة من الحليب المبستر مع منفحة الإبل للصيغ الثلاثة التالية : الصيغة 1 (50% حليب الماعز ؛ 50% حليب الإبل) والصيغة 2 (75% حليب ماعز ؛ 25% حليب الإبل) والصيغة 3 (25% حليب ماعز ؛ 75% حليب الإبل) وكانت الأزواج المثلى لدرجة الحرارة ودرجة الحموضة لوقت التلبد كالتالي : الصيغة 1 (درجة الحرارة 30°C و5.30 درجة حموضة)، الصيغة 2 (درجة الحرارة 40.54°C ودرجة الحموضة 5.30) و بالنسبة للصيغة 3 (درجة الحرارة 42°C ودرجة الحموضة 5.17) ووقت التخثر للصيغ الثلاثة السابقة على التوالي، (درجة الحرارة 38.60°C ودرجة الحموضة 6.15) ؛ (درجة حرارة 38.72°C ودرجة حموضة 6.16) و(درجة حرارة 41.03°C ودرجة الحموضة 5.75). وقد تم تصنيع الجبن الطازج انطلاقاً من هذه التركيبات من أجل مصداقيتها. ثم اختيرت الصيغة 1 (50% حليب ماعز ؛ 50% حليب الإبل) مع منفحة الإبل لصنع جبنة طرية من نوع كمبرت ومقارنتها بنفس الصيغة باستخدام المنفحة ميكروبية، وكانت نتائج المردودية 9.46% و 7.66% على التوالي. تم تقييم جودة جبن كمبرت من طرف لجنة مكونة من 20 شخص (أساتذة وطلبة) وأظهرت نتائجها ان كمبرت المختر بمنفحة الإبل أفضل بكثير من الجبن المختر بمنفحة ميكروبية بنسبة 70% جيد جداً.

الكلمات المفتاحية: كمبرت، خليط حليب، بسترة، منفحة الإبل، منفحة ميكروبية.

A decorative geometric frame, possibly a hexagon, with a thin gold or bronze border. The frame is filled with a soft, light blue background. The frame is adorned with pink roses and greenery. The roses are in various stages of bloom, with some fully open and others as buds. The greenery consists of several green leaves and stems. The overall aesthetic is elegant and romantic.

Introduction

Le lait de camelin, malgré sa richesse et sa production non négligeable demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car insuffisamment étudié et mis en valeur. Ce lait se singularise par une teneur élevée en vitamine C et en molécules antibactériennes (lysozymes, protéines de reconnaissance du peptidoglycane, lactoperoxydase, lactoferrine et etc....) (**Siboukeur, 2007**). Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les peuplades nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté. Il est considéré comme l'aliment de base pour une périlade annuelle prolongée, dans la plupart de ces zones pastorales sahariennes (**Madjour, 2014**).

Le lait de caprin est considéré comme étant l'un des plus complets et des mieux équilibrés (**Jenot et al., 2000 ; Doyon, 2005**). Est aussi une bonne source d'oligosaccharides non digestibles ayant un rôle de prébiotiques (**Benkrizi, 2018**). Une bonne connaissance des caractéristiques de ce lait et de sa valeur nutritionnelle pourrait faire de ce dernier un bon substitut du lait de vache. Aujourd'hui, le lait de caprin est d'un intérêt particulier en raison de sa composition spécifique, ce qui a conduit à être considéré comme une matière première de haute qualité pour la fabrication des aliments pour les nourrissons et les personnes âgées, ainsi que pour certains secteurs de la population ayant des besoins particuliers (**Boumediene, 2013**).

L'agent coagulant le plus anciennement utilisé en fromagerie est la présure. La présure (mélange de chymosine '80%' et de pepsine '10-20 %') est une enzyme extraite à partir d'estomac des jeunes ruminants, elle est la plus anciennement utilisée en industrie fromagère (**Mahaut et al, 2003**). Récemment, ont montré que la substitution des enzymes habituellement utilisées en fromagerie, par des protéases gastriques issues de caillottes de camelin adultes et donc à dominance pepsine, était concluante (**Mahboub et al., 2010**).

La coagulation consiste à la formation d'un gel ou caillé, suite à des modifications complexes, tant physiques que chimiques, des constituants du lait, principalement, les caséines. Le premier agent coagulant est la présure. Cette enzyme se trouve dans les caillottes de jeunes ruminants (**Amroune, 2019**). La coagulation de lait est influencée par le pH et la température. Le pH acide induit la désagrégation de la structure micellaire et la caséine se déminéralise. En parton de pH (5.6 à 6.7), la vitesse de coagulation est accrue. Quant à la température, elle affecte l'activité de la présure. A haute température, la présure devient inactive et le temps de raffermissement du gel diminue avec l'élévation de la température (**Ammari et Saighi, 2021**).

Dans ce présent travail, notre premier objectif est de résoudre le problème de la coagulation du lait de camelin en mélangeant avec le lait caprin à différentes formulations et faire optimiser le pH et la température de la coagulation en valorisant la présure cameline,

d'autre part, l'essai de la fabrication pour la première fois d'un camembert à base d'une nouvelle formulation du lait.

Le suivant manuscrit est composé des trois parties :

La première partie est une synthèse bibliographique sur le lait camelin et le lait caprin, les agents coagulants et les fromages.

La deuxième partie décrit le matériel utilisé et les méthodes utilisées.

Enfin la troisième partie est consacrée aux résultats et discussion. Elle inclue les résultats obtenus sur l'enquête et la caractérisation de la matière première (lait camelin et le lait caprin pasteurisé) et les agents coagulants choisis (la présure cameline) et optimisation des paramètres de floculation et coagulation par méthode surface de repens, et fabrication deux formule de fromage à part molle type camembert avec présure cameline et l'autre par présure microbienne, enfin les analyses sensorielles de ces fromages.



Partie I
Bibliographique

A decorative geometric frame, resembling a stylized hexagon or octagon, is centered on the page. The frame is composed of thin, dark lines. Inside the frame, there are two clusters of pink roses and greenery. One cluster is in the upper left corner, and the other is in the lower right corner. The roses are in various stages of bloom, and the greenery consists of several leaves. The background of the frame is a light, pale blue color.

Chapitre I
Généralité sur le lait

I. Elevage en Algérie

L'élevage des ruminants, principalement les quatre espèces : ovine, caprine, bovine et cameline, est un des secteurs clé de l'agriculture algérienne au sein du quel prédomine le volet (**Feliachi, 2003**). Le développement de l'élevage s'impose comme une nécessité on égard à une demande de plus accrue de la part d'une population en plein essor démographique et en plus soumise aux transformations, telles que l'industrialisation et l'urbanisation qu'accompagnent des exigences alimentaires (**feknous, 1991**).

I.1. Elevage camelin en Algérie

L'élevage camelin se trouve concentré dans trois principaux territoires agro écologiques à savoir Sahara, Atlas Saharien et Steppe. Ces territoires sont considérés comme espace vital pour l'élevage de cette espèce ruminante. Pour la période 2000-2015, le cheptel des camelins localisé dans le territoire Saharien occupe le premier rang, avec un effectif de chaque wilaya de l'ordre de 40 mille têtes en moyenne, suivis du cheptel situé dans les territoires de l'Atlas Saharien et Steppique respectivement de l'ordre de 11 mille têtes et 2 mille têtes (**Meguellati et al., 2018**).

I.1.1. Mode d'élevage camelin

Il existe deux modes d'élevage : l'élevage extensif (communément suivi), pratiqué dans des Parcours et de vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle et l'élevage intensif (en limitation) qui se base sur l'utilisation des complémentations alimentaires. A ces deux Modes s'ajoute un autre système d'élevage, c'est le mode semi-intensif (**Madjour, 2014**).

I.1.2. Populations cameline en Algérie

I.1.2.1. Population locale

Les différentes races rencontrées en Algérie se retrouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord; ce sont des races de selle, de bât et de trait (**Ben aissa, 1989**).

Il s'agit des races suivantes :

I.1.2.1.1. Chaambi

Animal média ligne, musclé, c'est une race fortement croisée avec du sang de camelin arabe. Très bon pour le transport, moyen pour la selle. Sa répartition va du grand erg occidental au grand erg oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des Chaambas ;

I.1.2.1.2. L'Ouled Sidi Cheikh

C'est un animal adapté aussi bien à la pierre qu'au sable. C'est un animal de selle ou de bât, il est assez grand. On le trouve dans les hauts plateaux du grand erg occidental ;

I.1.2.1.3. Berberi

Cet animal de forme fine, avec une arrière main bien musclée, rencontré surtout saharienne et tellienne. Il est très proche du Chaambi et de l'Ouled Sidi Cheikh ;

I.1.2.1.4. Chameau de l'Aftouh

Ce chameau est utilisé comme un animal de trait et de bât. On le trouve dans la région de Tindouf et de Béchar. Le terme Aftout est un terme générique qui regroupe plusieurs types de camelins de la région du Sahara occidental et se caractérise par une grande variété de la couleur de robe allant de jaune clair à presque noir (**Titaouine, 2006**).

I.1.2.1.5. Saharaoui

Cette race est issue du croisement du Chaambi avec l'Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent Méhari de troupe, son territoire va du grand erg occidental au Centre du Sahara ;

I.1.2.1.6. Le Chameau de la Steppe

Il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites Sud de la steppe ;

I.1.2.1.7. L'Ait khebbach

Est un animale de bat. On trouve dans l'aire sud-ouest ;

I.1.2.1.8. Le Targui ou race des Touaregs du Nord

Excellent méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur. Réparti dans le Hoggar et le Sahara Central ;

I.1.2.1.9. L'Ajjer

Bon marcheur et porteur. Se trouve dans le Tassili d'Ajjer (**Ben aissa, 1989**).

I.1.2.1.10. Le Reguibi

Il est réparti dans le Sahara Occidental, le Sud Orannais (Béchar, Tindouf). Son berceau : Oum El Assel (Reguibet) (**Ben aissa, 1989**). C'est un animal d'assez grande taille, bien adapté à la course mais avec un bon potentiel laitier (entre 1 200 et 1 500 litres par lactation) (**Titaouine, 2006**).

I.1.3. Production laitière cameline en Algérie

En Algérie, les camelins généralement ne sont pas considérés comme producteurs de lait. L'excédent de la traite de lait n'est utilisé que pour l'autoconsommation, et cela après que le chamelon ait tété sa mère. Un camelin ne se laisse traire que si son petit est à ses côtés. La production de lait entre, pour la majeure partie, dans l'alimentation des bergers isolés dans les

parcours et des nomades. La production laitière des camelins varie d'une région à l'autre, en fonction de la race, de l'individu, de l'alimentation, etc.

Les estimations faites par quelques auteurs, nous donnent des valeurs allant de 0,5 à 10 litres/jour, avec des durées de lactation de 12 à 18 mois, D'une façon générale, il faut noter que la production de lait camelin n'est pas tellement étudiée en Algérie, et les quelques chiffres disponibles sont surtout ceux obtenus sur la base d'enquêtes et non de mesures ni de suivis (Chethouna, 2011).

I.2. Elevage caprin en Algérie

L'élevage caprin en Algérie compte parmi les activités agricoles les plus répandues en régions difficiles. Il permet de transformer leurs ressources pastorales en produits de qualité ; le lait de caprin et la viande caprine sont en effet des sources nutritionnelles intéressantes, mais participent aussi aux revenus des populations rurales (Sahraoui *et al.*, 2016).

L'élevage caprin, en raison de son adaptation aux milieux difficiles, est pratiqué surtout dans les zones montagneuses, les steppes et les oasis. Le lait de caprin, par sa valeur nutritionnelle et son aptitude à la transformation notamment en fromage de qualité, est très recherché. Quant à la viande caprine, elle véhicule l'image d'un produit biologique et constitue une source de protéines animales mais aussi de revenu pour les populations rurales surtout dans les pays en voie de développement. Les caprins sont aussi élevés pour leur toison recherchée ainsi que leur peau qui sert notamment à la fabrication de guerbas¹ qui sont légères, isolantes et faciles à transporter.

En Algérie, l'élevage caprin est présent dans toutes les zones ; au nord il est cantonné aux zones montagneuses, mais le gros de l'effectif est reparti dans les zones steppiques et subdésertiques. Le cheptel caprin a atteint en 2008 un effectif de 3,8 millions de têtes dont 2,2 millions de caprins et occupe la troisième place après l'ovin et le bovin. La conduite de ce type d'élevages est généralement extensive. Ces élevages se situent dans des régions défavorisées ou marginales (montagnes, steppe, zones sahariennes), la caprin étant réputée pour sa rusticité lui permettant de tirer profit de régions pauvres. Plusieurs programmes sont initiés présentement pour, d'une part, améliorer et organiser l'élevage caprin traditionnel et, d'autre part, l'intensifier (kadi *et al.*, 2014).

I.2.1. Mode d'élevage caprin

L'élevage caprin constitue un élément fondamental dans les systèmes d'élevage des petits ruminants dans certains continents surtout dans les zones tropicales et subtropicales, où il dépasse parfois l'élevage ovin, jouant ainsi un rôle très important dans la vie sociale et

économique des zones rurales (**Ben aissa, 2008**). Selon (**Dahmani et Chibabha, 2015**), trois types de systèmes d'élevage prévalent au niveau du bassin méditerranéen. Le premier système d'élevage repose sur l'utilisation de la végétation spontanée, le deuxième système est basé sur l'utilisation de la végétation spontanée avec un apport d'aliment complémentaire, le troisième système de production est le système intensif. Ces trois systèmes se différencient dans leurs objectifs, leur mode de conduite et de gestion.

I.2.2. Populations caprines en Algérie

I.2.2.1. Population locale

Le cheptel caprin algérien est très hétérogène, il se caractérise par une grande diversité pour les races locales. Selon (**Madani, 2000**), les populations existantes en Algérie sont de type traditionnel, dont la majorité entre elles sont soumises uniquement à la sélection naturelle. Elles sont composées par des animaux de population locale à sang généralement Nubien. Outre, les populations locales, on trouve aussi des populations introduites, et des populations croisées (**Bey et Laloui, 2005**). D'après (**Hellal, 1986; Dekkiche, 1987; Sebaa, 1992; Takoucht, 1998**) notre cheptel est représenté par la caprin Arbia, la Mekatia, la Kabyle et la M'zabit.

Selon la CN (**AnGR, 2003**), la composition raciale des populations du cheptel caprin comprend les caprins locaux et les caprins de races améliorées, en plus des individus résultants des croisements.

I.2.2.1.1. Race Arbia

D'après (**Dekkiche, 1987; Madani et al., 2003**), c'est la population la plus dominante, qui se rattache à la race Nubienne, elle est localisée surtout dans les hauts plateaux, les zones steppiques et semi-steppiques. Elle se caractérise par une taille basse de 50-70cm, une tête dépourvue de cornes avec des oreilles longues, larges et pendantes. Sa robe est multicolore (noire, grise, marron) à poils longs de 12- 15cm. La caprin Arbia a une production laitière moyenne de 1,5 litre par jour.

I.2.2.1.2. Race Makatia

D'après **Guelmaoui et Abderehmani (1995)**, elle est originaire d'Ouled Nail, on la trouve dans la région de Laghouat.

Selon **Hellal (1986)**, la caprin MAKATIA présente un corps allongé à dessus droit, chanfrein légèrement convexe chez quelques sujets, robe variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras et fin, longueur entre 3-5 cm. La tête est forte chez le mâle, et chez la femelle elle porte des cornes dirigées vers l'arrière, possède une barbiche et deux pendeloques (moins fréquentes) et de longues oreilles tombantes qui peuvent atteindre 16 cm. Le poids est de 60 kg

pour le mâle et 40 kg pour la femelle, alors que la hauteur au garrot est respectivement de 72 cm et 63 cm.

I.2.2.1.3. Race Mozabite

Dénommée aussi « la caprin rouge des oasis ». Elle est originaire de Metlili ou Berriane, et se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne, la taille est de 68 cm pour le mâle, et 65 cm pour la femelle, avec des poids respectifs de 50 kg et 35 kg. La robe est de trois couleurs : le chamois qui domine, le brun et le noir, le poil est court (3-7Cm) chez la majorité des individus, la tête est fine, portent des cornes rejetées en arrière lorsqu'elles existent, le chanfrein est convexe, les oreilles sont longues et tombantes (15 cm) (Hellal, 1986).

La race MOZABITE est très intéressante du point de vue de la production laitière (2,56 kg/j) (Menallah, 2012).

I.2.2.1.4. Race KABYLE « Naine de Kabylie »

Selon Guelmaoui et Abderehmani (1995), la caprin KABYLE est considérée comme des cédantes de la caprin Pamel Capra promaza.

D'après (Pedro, 1952 ; Hellal, 1986), c'est une caprin autochtone qui peuple les massifs montagneux de la Kabylie et des Aurès. Elle est robuste, massive, de petite taille (66 cm, pour le mâle, et 62 cm pour la femelle) d'où son nom « Naine de Kabylie », la longueur du corps est de 65-80 cm, avec des poids respectifs de 60 kg et 47 kg. Le corps est allongé avec en dessus droit et rectiligne, la tête est fine, porte des cornes dirigées vers l'arrière, la couleur de la robe varie, mais les couleurs qui dominant sont : le beige, le roux, le blanc, le pie rouge, le pie noir et le noir.

Les oreilles sont petites et pointues pour les sujets à robe blanche, et moyennement longues chez les sujets à robe beige, le poil est long (46% des sujets entre 3-9cm) et court (54% des sujets) ne dépassant pas 3 cm. Sa production laitière est mauvaise, elle est élevée généralement pour la production de viande qui est de qualité appréciable (Manallah, 2012).

I.2.3. Production laitière caprine en Algérie

Avec une production quotidienne de 1.1 litre, la caprin locale est considérée comme peu laitière (Mouhous *et al.*, 2016).

La production laitière est généralement pratiquée en système d'élevage extensif mixte lait/viande avec de petits troupeaux de moins de 10 caprins (Kadi *et al.*, 2014 ; Sahraoui *et al.*, 2016), généralement associé à un élevage ovin. Cependant, on rencontre en Kabylie des troupeaux importants (>100têtes) spécialisées en production laitière. (Mouhous *et al.*, 2015).

L'alimentation est exclusivement pastorale dans les élevages extensifs des montagnes de l'est algérien et de la Kabylie, et la complémentation est exceptionnelle en hiver (;). En revanche dans le système laitier, la complémentation est assurée par des fourrages verts, du concentré ou du foin. Alors qu'en élevage oasien, les animaux s'alimentent essentiellement de paille et de déchets de dattes (**Sahraoui, 2019**).

II. Généralité sur le lait

Le lait est un produit naturel sécrété par les mammifères. A la fois aliment et boisson, il est donc d'un grand intérêt nutritionnel et se prête à de nombreuses applications culinaires, industrielles et technologiques (**Fredot, 2009**).

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 contenir de colostrum » (**Lecoq, 1965 ; Mathieu, 1998 ; Pougheon et Goursaud, 2001**).

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**Amiot et al., 2002 ; Meribai, 2010**).

II.1. Lait camelin

II.1.1. Définition

Le lait de camelin constitue la principale ressource alimentaire pour les éleveurs de camelins au Sahara, il ne semble pas différent de celui des autres animaux domestiques et constitue un très bon apport en minéraux pour le chamelon et le consommateur. La transformation du lait de camelin en fromage est réputée difficile, voire impossible. Par ailleurs, des essais ont été conduits dans le but de produire du fromage à partir du lait de camelin. Les résultats obtenus confirment que ce lait peut être transformé. Récemment, ont montré que la substitution des enzymes habituellement utilisées en fromagerie, par des protéases gastriques issues de caillettes de camelins adultes et donc à dominance pepsine, était concluante (**Mahboube et al., 2010**).

II.1.2. Propriétés physico-chimiques du lait de camelin

Les principales propriétés physico-chimiques sont la densité, le point de congélation, l'acidité et le pH (**Vignola, 2002**).

Le lait camelin est un liquide blanc mat, légèrement visqueux, dont la composition et les caractéristiques physico-chimiques varient sensiblement selon les espèces animales

(Ouahghiri, 2009). Il a un goût assez doux, légèrement âpre et parfois salé. A la traite et lors des transvasements, il forme une mousse abondante (Senoussi, 2011).

Et même selon les races. Ces caractéristiques varient également au cours de la période de lactation, de la traite ou de l'allaitement. Elles sont aussi tributaires de la nature de l'alimentation des animaux (Ouahghiri, 2009).

II.1.2.1. Point de congélation

Le point de congélation du lait camelin se situe entre (-0,543 et -0,565). Cette valeur est susceptible de variation selon la teneur en différents composants du lait (Smail, 2002).

II.1.2.2. pH

Selon (Souid, 2011), Le pH du lait camelin frais se situe entre 6,5 et 6,7; un léger abaissement du pH à 6,4 et 6,0 est aussi enregistré. Le pH du lait camelin est similaire à celui du lait de brebis, mais un peu acide par rapport à celui du lait bovin, ce dernier se situe entre 6,6 et 6,8.

II.1.2.3. Densité

Selon (Siboukeur, 2007), la densité de lait camelin à 15°C oscille entre 0,99 et 1,034.

II.1.2.4. Acidité

L'acidité de lait camelin, titrable de l'ordre de 18°D \pm 0,79 (Chethouna, 2011).

II.1.3. Composition chimique du lait de camelin

II.1.3.1. Caséines

Les caséines de lait camelins sont des phosphoprotéines élaborées dans les cellules lactogènes mammaires et déterminent une concentration de 72 à 76 % des protéines totales. Les caséines camelines possèdent une organisation micellaire. Ces micelles sont des colloïdes édifiés à partir de quatre types de caséines (α 1-CN, α 2-CN, β -CN et κ -CN) en interaction avec une fraction minérale dont le composant près dominant est le phosphate de calcium.

La répartition des fractions caséiniques en masse pondérales est de 22% pour α 1-CN 9,5% pour α 2-CN, 95% pour β -CN et 3,5% pour la κ -CN. Leur masse moléculaire (MM) respective est évaluée à 24,7, 22, 25 et 22,6 KDa (Chibah, 2011). Le lait camelin est semblable au lait humain car il contient un grand pourcentage de β caséine, elle est plus sensible à l'hydrolyse peptidique que α 2 (figure 01) (El Agamy *et al.*, 2009).

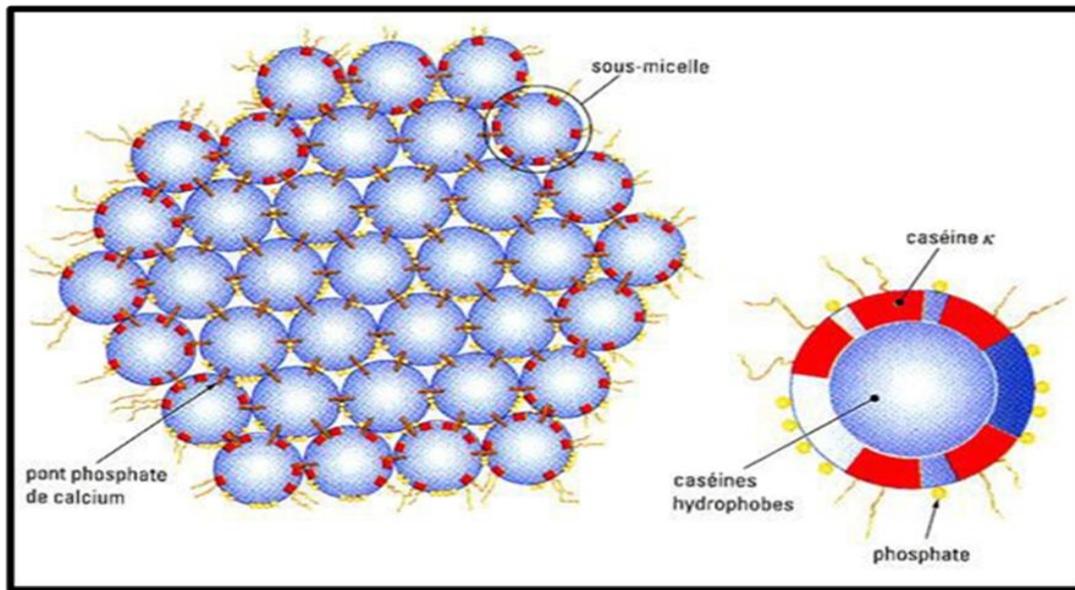


Figure 01: Structure d'une micelle de caséine stable et d'une submicelle caséinique

(Ben yahia, 2013).

II.1.3.2. Lactose

Selon (Singh *et al.*, 2017 ; Rahmeh *et al.*, 2019), le lactose est le principal glucide du lait de la plupart des mammifères. Sa teneur dans le lait camelin est de 4,2 %. Il est facilement digéré par la lactase humaine.

II.1.3.3. Protéines

La teneur totale en protéines du lait de camelin varie de 2,1 à 4,9 %. Elles se divisent en 2 groupes : les caséines et les protéines de lactosérum (Zibae *et al.*, 2015 ; Singh *et al.*, 2017).

Les caséines constituent la partie protéique majeure avec 4 fractions principales : α 1-CN, α 2CN, β -CN, et κ -CN. La caséine α 1 constitue le facteur prédominant de l'allergie aux protéines du lait. Le lait de camelin a une meilleure digestibilité et il induit moins de réactions allergiques chez les nourrissons car les α -CN s'hydrolyse lentement que les β -CN (Jilo et Tegegne, 2016).

Les protéines de lactosérum constituent environ 20 à 25 % des protéines totales. Comme celui humain, le lait de camelin ne contient pas de β -lactoglobulines. Alors que l' α -lactalbumine est prédominante dans le lait de camelin (Singh *et al.*, 2017 ; Rahmeh *et al.*, 2019). Selon (Farah, 1993 ; Jilo et Tegegne, 2016). D'autres protéines de lactosérum du lait de camelin jouent un rôle immunitaire crucial, tels que : PGRP, les immunoglobulines, lysozymes, lactoferrine.

II.1.3.4. Matières grasses

Selon (Amiot *et al.*, 2002), les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides (98%), de phospholipides (1 %) et d'une fraction insaponifiable (1 %) constituée en grande partie de cholestérol et de β -carotène.

II.1.3.5. Minéraux

La teneur totale en minéraux du lait de camelin varie de 0.60 à 0.90g.100g⁻¹ (Konuspayeva *et al.*, 2009).

Les principaux constituants minéraux du lait camelin sont le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le fer. Cependant en cas d'intoxication, des éléments traces tels que le plomb, le nickel ou le chrome peuvent être retrouvés dans le lait. La composition en minéraux du lait de camelin est plus diversifiée que celle de lait de bovin. Si les taux en macroéléments (Na, K, Ca, Mg...) sont pratiquement similaires dans les deux laits, cela n'est pas le cas des oligo-éléments où les teneurs en Fe, Cu, Mn, Pb et I, y sont particulièrement élevées dans le lait d'origine cameline (Souid, 2011).

II.1.3.6. Vitamines

Le lait de camelin est riche en niacine et en vitamine C, notamment la vitamine C (24-52 mg/kg), donne à ce lait une grande importance du point de vue nutritionnel dans les zones arides où les aliments verts ne sont pas facilement accessibles.

Le lait de camelin contient moins de vitamines A et E, de thiamine, de riboflavine et des acides folique et pantothénique que celui du bovin. Par ailleurs, les teneurs en pyridoxine et en vitamine B12 sont à peu près les mêmes (Bouguerra, 2021).

II.1.4. Caractéristique nutritionnelle du lait de camelin

Selon (Siboukeur, 2012), Le lait de camelin présente des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base. Ce lait présente des taux de protéines variant de 2,5 à 4,5%. Les teneurs en matière grasse dans ce lait sont estimés en moyenne à 3,15%. La matière grasse cameline est caractérisée par la richesse en acide gras mono-insaturés à longue chaîne (acide stéarique et oléique). Le lactose constitue le sucre principal dans le lait. Sa concentration dans le lait camelin varie de 2,8 à 5,8%. Par ailleurs, les grandes concentrations en vitamine et en minéraux font de ce lait un véritable aliment à finalité diététique. A ce propos le lait de camelin présente de faible teneur en vitamine A et B2 par rapport au lait de bovin et de fortes teneurs en vitamine E et B1 dans le colostrum tandis qu'il présente un apport important en vitamine C.

Ces nutriments disponibles pour le développement des microorganismes mais dont la nature ces concentrations peuvent varier dans le temps et en fonction des pratiques d'élevage

Les microorganismes qui possèdent les systèmes adéquats pour utiliser ces composés seront avantagés par rapport aux autres (**Laithier, 2011**).

II.1.5. Aptitudes à la coagulation du lait camelin

Bien que peu d'études lui ont été consacrées, comparativement aux laits d'autres espèces, il n'en demeure pas moins que le lait de camelin a montré, dès les premiers travaux, de faibles aptitudes à la transformation en produits dérivés, notamment en fromage. En effet, plusieurs auteurs ont mentionné que la coagulation de ce lait par la présure est difficilement réalisable.

Cette aptitude limitée du lait du camelin à la coagulation par la présure a vraisemblablement pour origine principale la composition particulière des micelles de caséine. A cet effet, des travaux ont montré que la caséine kappa, qui constitue la fraction de la micelle sensible à l'action des protéases coagulantes, possède une charge électrique moindre que celle de l'homologue dans le lait de référence, ce qui entraîne une mobilité électrophorétique plus faible. De plus, l'équilibre des fractions de caséine est très différent de celui du lait de bovin. On note en particulier que la proportion de caséine kappa est limitée à 5% de la caséine totale à lors qu'elle est de 13,6% pour le lait de bovin. Cette réduction de la proposition en cette protéine est un élément qui concoure à procurer une moindre stabilité aux micelles de caséines et une réduction d'autant de la capacité des enzymes coagulantes à l'hydrolyser et la déstabiliser en vue de l'obtention d'un coagulum « présure ».

Dans ces particularités physico-chimiques susceptibles d'avoir une relation avec cette faible aptitude à la coagulation, notons que les caséines du lait de camelin se trouvent sous forme de micelles de plus grande taille (300 μ m de diamètre) que celles rencontrées dans le lait de bovin (160 μ m) (**Boudjenah, 2012**).

II.2. Lait caprin

II.2.1. Définition

Le lait de caprin est un liquide blanc ou mât, opaque d'une saveur peu sucrée dont l'odeur (caprin) lorsqu'il est récolté et conservé proprement. Il donne une impression bien homogène c'est-à-dire ni trop fluide ni trop épais. Du point de vue de ces qualités nutritives et digestives, le lait de caprin possède une valeur de premier ordre. Il est moins allergène et subit plus lentement la fermentation lactique que celui de la vache. Ces qualités diététiques sont la conséquence d'un certain nombre de caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques (**Diouf, 2004**).

II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait de caprin

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont et la densité, point de congélation, l'acidité et le pH (**Amiot *et al.*, 2002**).

II.2.2.1. Point de congélation

Les valeurs du point de congélation du lait de caprin c'est entre (-0.580°C et -0.540° C) la valeur de ce point de congélation d'environ -0.580°C correspond à une osmolarité 297 +/- 2.5msom/kg H₂O (**Jouhannet, 1992**).

II.2.2.2. Le pH

Le pH du lait de caprin, se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (**Remeuf *et al.*, 1989**).

II.2.2.3. La densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau et La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante, Elle oscille entre 1,028 et 1,034 à 20 °C (**Vierling, 2008**).

II.2.2.4. Acidité

L'acidité du lait de caprin reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,16 et 0,17 % d'acide lactique (**Veinoglou *et al.*, 1982**).

Selon (**Kouniba, 2007**), en technologie fromagère, celle-ci réduit le temps de coagulation du lait caprin par la présure et aussi accélère la synérèse du caillé.

II.2.3. Composition chimique du lait de caprin

II.2.3.1. Caséines

Le lait caprin présente ces constituants caséiniques (caséine α S1, α S2, β , κ et γ). Partage avec celui-ci plusieurs similitudes (**Roudj *et al.*, 2005**). Les caséines sont dépourvues d'acides aminés soufrés, donc non structurées par des ponts disulfures. Elles sont par contre riches en résidu proline (particulièrement la caséine β), résidus connus pour leur rigidité stéréochimique, expliquant ainsi l'absence de structure organisée pour ces protéines.

Ces caséines possèdent des chaînes latérales polaires (résidus phosphoseryle, glutamyle et aspartyle) du côté N-terminal et des chaînes latérales apolaires du côté C-terminal (caséine α S et β), représentation inversée pour ce qui est de la caséine κ (figure 02) (**Lorient et cayot, 2000**).

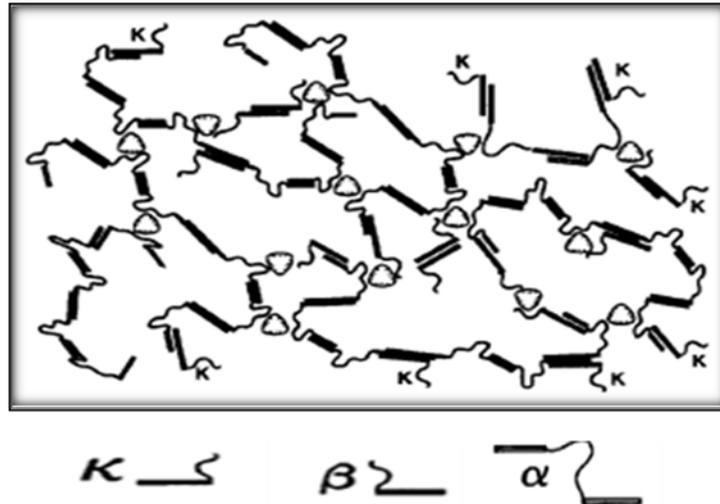


Figure 02 : Représentation schématique de la structure de la micelle de caséine selon le modèle de (Horne, 1998).

II.2.3.2. Lactose

Le lait de caprin contient le lactose avec 44% et sa concentration ne varie pas excessivement durant la lactation, et sa teneur varie de 44 à 47 g/l (St-gelais *et al.*, 2000).

II.2.3.3. Matières grasses

La teneur en matière grasse varie selon le mode d'élevage. C'est la plus élevée dans le lait de caprin en système intensif ($59,1 \pm 14,39$ g/l) que dans les deux autres systèmes ($44,83 \pm 22,23$ et $36,25 \pm 10,09$ g/l, respectivement pour l'élevage extensif et semi-intensif).

Cette augmentation de la MG dans le lait de système intensif est en relation avec l'alimentation qui est riche en grignons d'olive qui affecte directement sur la teneur en matière grasse du lait. Ces valeurs sont en accord avec celles (36,1 g/l) rapportées par Jrad (2007) dans le lait de caprin du système extensif (Arroum *et al.*, 2016).

II.2.3.4. Protéines

Les protéines du lait de caprin comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions, l'une majoritaire dénommée caséines (représentant environ 80%), précipite à pH 4,2 pour le lait de caprin et 4,6 pour le lait de bovin. L'autre, minoritaire (représentant 20 %) et dénommée protéines sériques se caractérisant par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH. Par rapport au lait de bovin, les teneurs en protéines sont nettement plus faibles dans le lait de caprin (28 g/l contre 32 g/l) (Bouloussa et Mahmoudi, 2020).

II.2.3.5. Minéraux

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux (**Gaucheron, 2004**). La quantité des minéraux contenus dans le lait après incinération varie de 0,60 à 0,90%. Ils prennent plusieurs formes.

Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. S'ajoutent certains éléments comme le soufre dans les protéines et les oligo-éléments suivants, qui sont présents à de faible concentration ou à l'état de trace : manganèse, bore, fluor, silicium, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium (**Amiot *et al.*, 2002**).

II.2.3.6. Vitamines

Le lait de caprin apporte des quantités intéressantes de vitamines du groupe B : B1, B2, B5, B6, B3 et la vitamine A.

Il apporte également lorsqu'il est entier de la vitamine D et un peu de vit K. A la traite, le lait de caprin contient peu de vitamine B9 mais les laits de consommation sont généralement enrichis (tableau N°01).

Tableau N° 01 : Teneur en vitamines du lait de caprin (g/l) (FAO, 2002).

Vitamines	Concentration g/l
Vitamine A	0,24
β-carotènes	<0,10
Vitamine E	2,3
Vitamine C	4,20
Vitamine B1	0,41
Vitamine B2	1,38
Vitamine B6	0,60
Vitamine 12	0,0008
Acide nicotinique	3,28
Acide folique	0,006

II.2.4. Caractéristique nutritionnelle du lait de caprin

Selon (**Barrionuevo *et al.*, 2001**), et d'un point de vue énergétique, avec 710 contre 650 kcal/l pour le lait bovin, le lait caprin constitue une source importante d'énergie. La fraction lipidique du lait caprin est pauvre en acides gras polyinsaturés nécessaires au métabolisme

humain, mais riche en acides gras à chaînes courtes et moyennes (C4 à C 10) favorisant la digestibilité.

Le niveau de sélénium du lait de caprin se révèle significativement élevé que celui du lait de bovin, il contient plus d'acide caprique, caprylique. Ces avantages permettent de recommander le lait de caprin aux personnes ayant des problèmes métaboliques tel que l'intolérance autres laits (**Knights et Garcia, 1997**).

II.2.5. Aptitudes à la coagulation du lait caprin

La valeur fromagère du lait est une partie complexe qui repose sur deux entités différentes : l'aptitude du lait à être transformé en fromage et celle à donner un produit fini aux caractères organoleptiques recherchés. Un lait présente une bonne aptitude à la coagulation lorsqu'il coagule rapidement, qu'il forme un gel ferme s'égouttant facilement pour donner un caillé de texture et de bonne composition, capable de se transformer après affinage en un fromage de qualité.

Les critères de contrôle pour mesurer l'aptitude d'un lait à coaguler sont : le temps de floculation (temps écoulé depuis l'emprésurage jusqu' à l'apparition **des** premiers flocons), la vitesse de raffermissement du gel et sa fermeté maximale. La vitesse et l'importance de la synérèse (phénomène de rétraction du réseau protéique avec expulsion sérum). Ces paramètres sont principalement influencés par quatre caractéristiques propres au lait qui sont la teneur en caséines, la concentration en calcium et en phosphate de calcium, le pH, la dimension des micelles. Interviennent, également, de façon significative, d'autres facteurs, tels que les proportions relatives des différentes caséines dans les micelles, et la nature des variantes génétiques de celles-ci.

La fabrication de fromage reste la principale forme de valorisation de lait de caprin. L'aptitude fromagère de ce lait est sous l'influence directe de sa composition physicochimique (qualité intrinsèque).

Une faible teneur en protéine coagulable constitue un défaut majeur entraîne la production de caillé de texture friable, avec des pertes importantes et des rendements fromagers excessivement faibles.

Les travaux de montrent qu'un gel présure obtenu avec des laits à faible teneur en caséine $\alpha S1$ est moins ferme ce qui confirme l'importance de la fraction $\alpha S1$ et fait de sa carence un facteur de dégradation du rendement fromager en favorisant les pertes de matière sèche dans le lactosérum (**Boumediene, 2013**).



Chapitre II
Agent coagulante

I. enzymes coagulantes dans la fabrication du fromage

I.1. Définition

Les enzymes sont des catalyseurs biochimiques de nature protéique qui interviennent dans toutes les réactions métaboliques énergétiquement possible, qu'elles accélèrent par activation spécifique dans des conditions douces de température et de pH. Ce sont des outils clés de la biotechnologie et de la bio-industrie. Un grand nombre d'enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait (**Talantikite, 2015**).

Les enzymes coagulantes sont une nécessité absolue pour la production de fromages affinés. Ces coagulants sont des préparations d'enzymes protéolytiques (**Jacob et al., 2011 ; Shah et al., 2014**).

II. Principaux Sources des enzymes coagulantes du lait

II.1. Enzymes d'origine animale

II.1.1. Présure

Selon (**Brule, 1997**), les enzymes coagulantes, la présure ou ses succédanés d'origine différente, sont des endopeptidases appartenant au groupe des aspartyl protéases. Ces enzymes ont une double activité: l'une très spécifique sur la caséine k, l'autre de protéolyse générale portant sur toutes les protéines, qui sont susceptibles de se manifester aux cours de l'affinage des fromages et sont de différentes sources: animale, microbienne, végétale et, depuis peu, issues de modifications génétiques.

La plus couramment utilisée est la présure sécrétée par la caillette des jeunes ruminants non sevrés. Plus précisément, il s'agit d'un extrait liquide pâteux provenant de la macération des caillettes des jeunes ruminants, composée d'un mélange de chymosine et de pepsine (**Mahaut, 2000**).

II.1.2. Présure cameline

Les travaux menés par Siboukeur et al. ont montré que les protéases gastriques extraits de caillettes de camelins âgés (à dominance pepsine) possèdent une activité coagulante plus élevée que les protéases gastriques camelines à dominance chymosine de camelins jeunes (**Mahboub et al., 2012**).

II.1.3. Chymosine

La chymosine est la protéase majeure responsable d'au moins 85% de l'activité coagulante totale. Elle est synthétisée sous forme de prochymosine, activée sous l'action du suc gastrique. Elle subit alors une conversion en chymosine active.

La chymosine est une holoprotéine, de poids moléculaire voisin de 30 KDa, elle est stable entre pH 5 et 6 ; son activité est optimale à pH voisin de 5 ; elle est inactivée à pH 7,5 et est dénaturée à pH 8. Sa température optimale d'action est voisine de 40°C. L'inactivation thermique à lieu dès 50°C, elle est totale à 61°C (**kellil, 2015**).

II.1.4. Pepsine

Selon (**Ramet, 1997**), la pepsine est le constituant mineur de la présure dont la sécrétion gastrique ne devient prépondérante qu'après sevrage. Elle est produite sous forme d'un précurseur à l'opposé de la chymosine, la pepsine possède une activité protéolytique élevée et une faible activité coagulante. D'après (**Broome et Hickey, 1990**), 20% de l'activité coagulante est assurée par la pepsine dans la fabrication fromagère (Cheddar, Emmental...)

La pepsine est relativement stable à des pH compris entre 5 et 5,5. Son activité enzymatique est plus élevée entre pH 1 et 4 avec un maximum vers 1,8 et varie selon la nature du substrat. C'est une enzyme thermosensible en solution après 55°C. Elle est dénaturée à des températures à 70°C (**Graiday, 1978**).

II.1.5. Pepsine bovine

Elle est extraite des caillottes de bovidés adultes, et son poids moléculaire est de 33400 Da (**Ramet, 1997**). L'activité coagulante de la pepsine bovine n'est pas aussi dépendante du pH que celle de la pepsine porcine, et peut coaguler le lait à des pH supérieurs à 6.9, son activité protéolytique est proche de celle de la présure (**Boughellout, 2007**).

II.1.6. Pepsine de poulet

La pepsine de poulet est une enzyme extraite à partir des proventricules du poulet (*Gallus gallus*) considérés comme un sous-produit d'abattage. Ces organes de longueur moyenne de 3 cm, situé au-dessus du gésier recouvert d'une couche d'épithélium formé de cellules cylindriques visibles à l'œil nu. Ces cellules sont responsables de la sécrétion de pepsinogène et de l'acide chlorhydrique (**Alamoret, 1982**).

II.2. Enzymes d'origine microbienne

L'industrie de fermentation s'est intéressée à la production de protéases susceptibles de remplacer la présure, à partir de micro-organismes. Dans ce but, de multiples espèces de bactéries et de champignons inférieurs ont été étudiées afin de pallier la pénurie mondiale de présure (**Dalgleish, 1997**).

De nombreuses protéases microbiennes agissent de la même manière que la chymosine. Toutefois, ces enzymes montrent une activité protéolytique plus élevée pendant la fabrication du fromage. L'enzyme de *Rhizomucor miehei* est le coagulant microbien le plus couramment

utilisé pour la production fromagère et est disponible à différents degrés de thermo-stabilité et de pureté (**Jacob et al., 2011**).

Actuellement, la recherche sur les présures microbiennes est toujours dirigée vers la découverte d'enzymes qui sont plus thermolabiles et ayant un meilleur rapport de coagulation sur l'activité protéolytique générale. La thermolabilité est un critère important, en particulier pour les protéases ayant une activité protéolytique générale élevée (**Yegin et Dekker, 2013**).

Il existe deux types des protéases d'origines microbiennes :

II.2.1. Origine bactérienne

La recherche d'enzymes pour substituer la présure a conduit à de multiples travaux sur plusieurs bactéries: *Streptococcus liquifaciens*, *Micrococcus caseolyticus*, *Bacillus cereus*, et *Bacillus coagulans*. Les protéases extraites de ces bactéries ont plusieurs inconvénients, tels que la non spécificité de l'hydrolyse, la protéolyse excessive qui a pour conséquence un faible rendement fromager et une modification des caractéristiques organoleptiques des fromages (goût acide, amertume) (**Ernstrom, 1983**). De récents travaux de génie génétique ont permis de préparer une présure formée de chymosine pure, par clonage de gène sur *Escherichia coli* (**Alais et Linden, 1997**).

II.2.2. Origine fongique

Les travaux réalisés sur différents types de levures et moisissures, ont permis de sélectionner trois types de moisissures dont les propriétés coagulantes et protéolytiques de leurs enzymes se rapprochent le plus de celles de la présure. Ces moisissures sont : *Endothia parasitica*, *Mucor miehei* et *Mucor pusillus* (**Goursaud, 1999**).

II.3. Enzymes d'origine végétale

De nombreuses préparations coagulantes végétales sont connues. Elles sont obtenues par macération de divers organes de plantes supérieures (**Adoui, 2007**). Malgré le nombre élevé de coagulants végétaux, leur application en industrie est très limitée. Toutefois, des études ont révélé que certaines enzymes végétales sont prometteuses. et selon (**Rao et al., 1998 ; Yamamoto, 1975**), D'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicales ; les plus connus sont la ficine ; extraite du latex de figuier, la papaine ; extraite des feuilles de papayer, la bromélaïne ; extraite de l'ananas. Ces protéases contrairement aux autres enzymes coagulants appartiennent au groupe de protéases sulphydryls.

L'extrait de chardon est probablement aussi la présure végétale ayant connu le plus de succès à ce jour. Il est employé depuis de nombreuses années dans la fabrication de fromages traditionnels (**Lamas et al., 2001 ; Prados et al., 2007**). Des études ont montré qu'il est possible

d'extraire et de purifier deux protéases aspartiques, à savoir les cardosines A et B, à partir des fleurs de chardon. Ces protéases possèdent des spécificités similaires, respectivement, à celles de la chymosine et de la pepsine (**García *et al.*, 2012 ; Lamas *et al.*, 2001**). Elles clivent la liaison peptide Phe105- Met106 de la κ -caséine bovine et ovine, tandis que la κ -caséine caprine est de préférence clivée au niveau de la liaison Lys116 - Thr117. Les deux enzymes peuvent également hydrolyser à la fois l' α et la β caséine pour produire des fromages ayant un arôme typique, une texture de beurre doux, et une saveur légèrement piquante (**Liorente *et al.*, 2014**).

III. Coagulation du lait

La coagulation du lait constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du globe (**Abiazar, 2007**), en industrie fromagère, le procédé choisi pour la coagulation à un large effet sur la texture du produit fini (**Herbert *et al.*, 1999**).

III.1. Mécanismes de coagulation

La coagulation du lait avec la présure est la première étape dans la production des fromages (**Mehmet, 2003 ; Huppertz *et al.*, 2006**). La transformation du lait en fromage comporte trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage. La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines. Elle peut être provoqué par acidification, par l'action d'une enzyme ou par l'action combinée des deux (**Vignola, 2002 ; Huppertz *et al.*, 2006**).

La coagulation par l'action des enzymes protéolytiques (présure ou autre protéase coagulante) comprend trois phases: phase enzymatique ou réaction primaire, au cours de laquelle, la chymosine dégrade la caséine K de façon spécifique phase de coagulation ou phase secondaire qui correspond à la formation du gel ; phase de réticulation ou réaction tertiaire ou protéolyse générale (**Hamrani, 2008**).

III.2. Différents types de coagulation du lait

III.2.1. Coagulation acide

Le lactose se transforme progressivement, sous l'action des bactéries lactiques, en acide lactique. Cette acidification du lait entraîne une neutralisation des charges négatives portées par les caséines et par conséquent, une diminution du potentiel de surface des micelles. Il en résulte une solubilisation des éléments stabilisateurs des micelles (le phosphate de calcium) qui se désagrègent en submicelles.

Lorsque le pH est voisin de 5, la charge des submicelles est très réduite et la précipitation s'amorce (point isoélectrique de la caséine), la neutralisation des charges est complète les micelles des caséines flocculent et se soudent formant au repos un gel homogène qui emprisonne le lactosérum et occupe entièrement le volume du lait. Au cours de la déminéralisation du complexe phosphocaseinate de calcium. Le calcium colloïdal migra dans le sérum.

Le gel lactique obtenu est perméable, friable, fragile et ne permettra qu'un égouttage limité (**Belhamiche, 2005**).

III.2.2. Coagulation enzymatique

La coagulation du lait par des enzymes protéolytiques est une des plus anciennes opérations de transformation alimentaire. Un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne, présente la propriété de coaguler le complexe caséinique (**Kellil, 2015**).

La présure est l'enzyme coagulante la mieux connue et son mécanisme d'action est bien établi. Le processus de coagulation est influencé par la température, l'acidité et la teneur en calcium. La coagulation, provoquée par la présure, résulte d'un processus en trois phases (**Alais, 1984 ; Brule et al., 1997**).

III.2.2.1. Etapes de coagulation enzymatique du lait (trois phases)

III.2.2.1.1. Phase primaire

Selon (**Eck et Gillis, 2006**), la micelle est principalement constituée de caséine κ avec son segment C-terminal hydrophile libre qui s'étend dans la phase aqueuse du lait assurant la stabilité stérique et agissant comme une barrière contre l'association des micelles.

Au cours de la phase enzymatique (primaire), il y'a une attaque de l'enzyme sur la caséine- κ (composante qui stabilise la micelle) au niveau de la liaison PHE105-MET106. La chaîne peptidique se trouve ainsi coupée en deux segments, le segment 1-105 est la para caséine- κ et le segment 106-169 qui est le caséinomacropéptide (CMP). La para caséine- κ liée aux caséines α et β reste intégrée à la micelle hydrophobe et le CMP contenant tous les glucides est libéré dans le lactosérum, ce qui entraîne une réduction de la charge négative et leurs degrés d'hydratation (figure 03) (**Lij et Daligleish, 2006**).

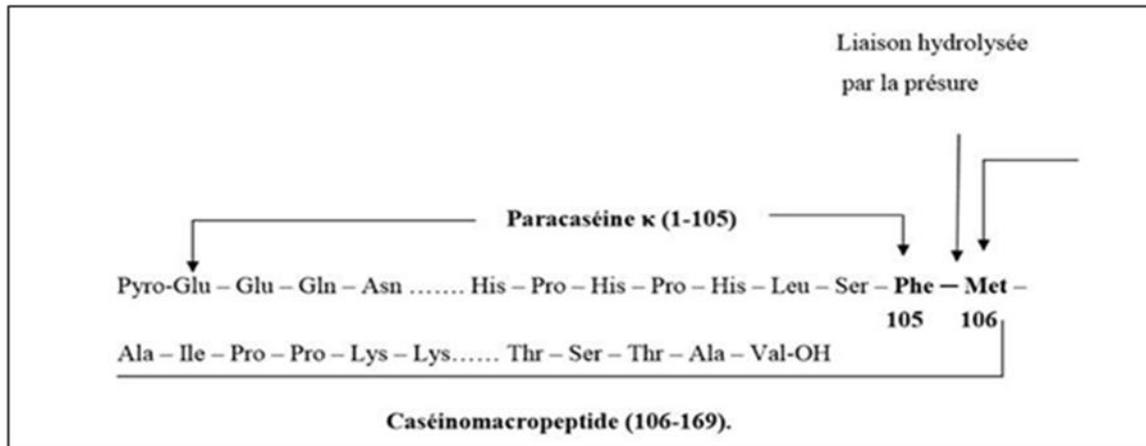


Figure 03 : Hydrolyse de la caséine κ par la présure (Fox *et al.*, 1994).

III.2.2.1.2. Phase secondaire

Cette phase commence dès que 85 % de la caséine-κ est hydrolysée. Elle est dite phase d’agglomération ou d’agrégation ou phase de coagulation proprement dit (Lucey, 2002). Durant laquelle la libération du macropeptide de la caséine-κ sous l’action de l’enzyme entraîne la réduction des répulsions électrostatiques entre les micelles de caséines hydrolysées. L’élimination de ces macropeptides entraîne également une réduction du diamètre hydrodynamique et une perte de la stabilité.

Selon (Schmidt, 1982), la nature des interactions intervenant durant cette phase n’est pas encore bien connue. Toutefois, les ponts calciques et les forces de Vander Waals ainsi que les interactions hydrophobes semble être impliquées. Les micelles déstabilisées s’agrègent en présence des ions de calcium libres (Ca⁺⁺) Au début, il y a une formation de chaînes linaires de micelles qui continuent de s’agréger pour former des amas. Ces derniers constituent le gel protéique qui se sépare nettement de lactosérum (figure04) (Lucey, 2002).

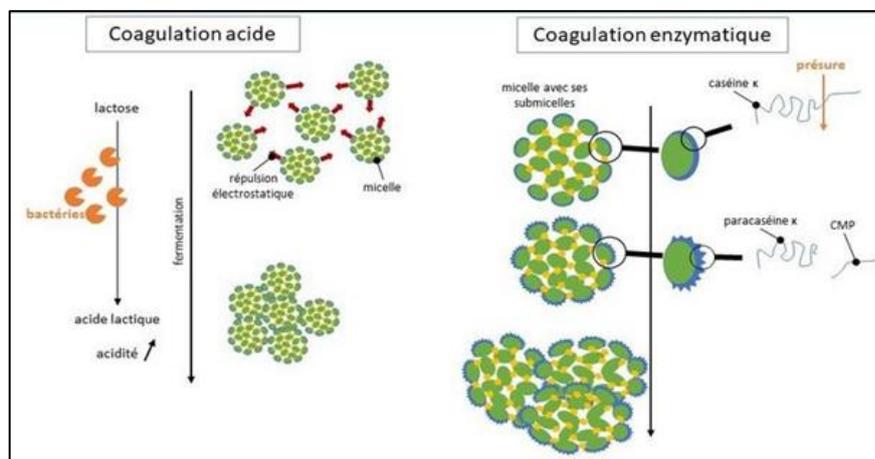


Figure 04: Etape de la coagulation enzymatique (Florian, 2012).

III.2.2.1.3. Phase tertiaire

Durant cette phase, les micelles agrégées subissent une profonde réorganisation par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut être de ponts disulfures entre les para caséines (figure 05) (Vignola, 2002).

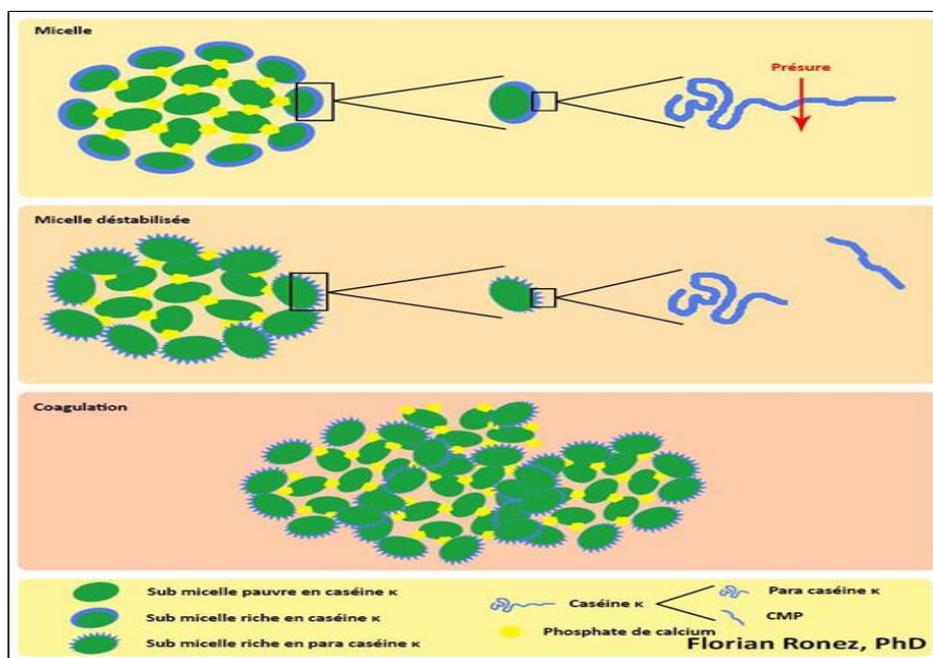


Figure 05 : Formation d'un caillé présure par action de la présure sur les caséines du lait (Florian, 2012).

III.2.3. Coagulation mixte

Ce type de coagulation consiste en l'action de la présure et l'acidification du lait c'est la voie la plus utilisée dans les industries fromagères en particuliers pour la fabrication des fromages frais (petit suisse, demi-sels et des fromages à pâte molle (Camembert, Brie...)) (Belhamiche, 2005).

III.3. Facteurs influçant la coagulation du lait

De nombreux facteurs sont susceptibles de modifier la coagulation du lait et les caractéristiques physiques des coagulums. Ces facteurs sont principalement liés à la concentration en enzyme, à la température, au pH, à la teneur en calcium, à la teneur en caséines et à la dimension des micelles (Mahaut *et al.*, 2000 ; Eck et Ghilis, 2006).

III.3.1. Effet de la concentration de l'enzyme

La concentration en enzyme est inversement proportionnelle au temps de coagulation. Cependant, elle est proportionnelle à la vitesse d'hydrolyse de la caséine κ (phase enzymatique) et à la vitesse d'agrégation des micelles (phase physique) ;

III.3.2. Effet du pH

En passant de pH 6,7 à 5,6, la vitesse de coagulation est accrue. Ceci résulte d'un accroissement de la vitesse d'hydrolyse et par suite une augmentation de la vitesse de raffermissement du gel. La fermeté est significativement importante de pH 6,6 à pH 6,0 due à une plus grande disponibilité du calcium ionisé. Au-dessous de pH 6,0, la caséine se déminéralise et la désagrégation de la structure micellaire est accentuée jusqu'à devenir totale à pH 5,2 (**Boughellout, 2007**).

III.3.3. Effet de la température

La température optimale d'activité de la chymosine et de la pepsine est de 40-42°C.

A cet intervalle de température, le temps de floculation est minimal, puis augmente aux températures plus élevées et devient nul à 65°C où la présure est inactivée.

On note que le temps de raffermissement du gel diminue avec l'élévation de la température (**Amroune, 2019**).

III.3.4. Effet de la teneur en ions calcium (CaCl₂)

La réticulation du gel lors de la coagulation du lait par la présure, impliquant des liaisons phosphocalciques, est particulièrement influencée par la teneur et la nature du calcium présent.

L'addition du CaCl₂ entraîne une augmentation du calcium ionisé et du calcium colloïdal ayant pour conséquence un temps de coagulation plus court et une fermeté du gel plus élevée;

III.3.5. Effet de Teneur en caséines

La vitesse d'hydrolyse enzymatique est proportionnelle à la teneur en protéines. Ainsi, la vitesse d'agrégation et la fermeté des gels augmentent avec la teneur des caséines (**kellil, 2015**).

III.3.6. Effet de Dimension des micelles

La relation entre les dimensions des micelles et le temps de coagulation est proportionnelle. Pour les micelles de faible diamètre, riches en caséine k, la vitesse d'hydrolyse est plus rapide (**Bougeallout, 2007**).

III.4. Evaluation de la coagulation

III.4.1. Temps de coagulation

Le temps de coagulation correspondant au temps entre l'addition d'enzyme coagulante et le début de tranchage du gel (**Ramet, 1997b**).

III.4.2. Temps de prise

Le temps de prise ou durée de prise est le temps qui s'écoule entre l'emprésurage et le début de la floculation, c'est-à-dire, gélification apparente du lait (**Luquet, 1985 ; Mahaut et al., 2000**).

III.4.3. Activité coagulante

L'activité coagulante est définie par l'unité présure (UP). Selon Berridge, cette unité correspond à la quantité d'enzyme contenue dans 1 centimètre cube, qui peut coaguler 10 centimètres cubes de substrat standard en 100 secondes à 30°C (**Alais, 1984**).

III.4.4. Force coagulante

Les méthodes anciennes et les plus répandues ont été proposées par Soxhlet et Berridge. L'unité Soxhlet correspond au nombre d'unité de poids ou de volume de lait qui peuvent être coagulés par une unité de poids ou de volume de préparation coagulante en 40 min et à 35°C (**Alais, 1984 ; Ramet, 1997b**).



Chapitre III
Généralités sur Les fromages

I. Fromage

I.1. Définition

Le fromage est le nom générique d'un groupe de produits fermentés produits alimentaires à base de lait, fabriqués dans une large gamme de saveurs et formes à travers le monde. Bien que le l'objectif principal de la fabrication du fromage est de conserver le principaux constituants du lait, le fromage a évolué vers devenez un aliment de haute cuisine aux qualités épicuriennes, en plus d'être très nutritif (**Fox et al., 2000**).

La définition « fromage » est réservée au produit fermenté ou non ; affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre) utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse (**Medjoudj, 2018**).

Bien qu'ils soient surement plus d'un millier, tous les fromages, quel que soit leur mode de fabrication, possèdent la même matière première : le lait caillé (**Fonteneau, 1999**).

I.2. Composition du fromage

Elle est à peu près identique à celle du lait, mais la transformation peut engendrer une modification.

- **Protéines** : Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30 % de protéines, ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâtes pressées dont la teneur en protéines (30 %) dépasse celle de la viande (20 %) (**Renane et al, 2010**).
- **Calcium** : Les fromages sont une très bonne source de calcium, son taux dépend de la teneur en eau et le mode de fabrication ;
- **Vitamines** : Il contient des vitamines hydrosolubles telles que la vitamine B, et les vitamines liposolubles A, D, E, K ;
- **Lipides** : Leur teneur varie d'un fromage à un autre selon le type du lait et la méthode de fabrication ;
- **Eau** : La teneur en eau détermine dans une large mesure la consistance, la conservation, l'aspect et indirectement le goût du fromage (**Eck et Gillis, 1997**).

I.3. Principales étapes de fabrication de fromage

I.3.1. Traitements du lait

Les traitements du lait s'avèrent indispensables dès qu'il y a stockage, collecte ou transport non seulement pour des questions sanitaires mais aussi pour assurer l'assemblage des différents laits par rapport à la définition du goût de référence (**Dahou, 2017**).

I.3.1.1. Traitements thermiques

Le traitement thermique des laits destinés à la fabrication fromagère dépend de la température et de la durée du chauffage. Ce traitement peut influencer la flore microbienne initiale d'une part et la composition physico-chimique du lait d'autres part. Cette influence se manifeste par des changements des différentes caractéristiques du lait et par conséquent, l'altération de la qualité du produit fini notamment sa valeur nutritive. Ainsi, la thermisation (traitement à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est indiquée pour éliminer les bactéries psychotrophes. Ces microorganismes se développent dans les laits réfrigéré (à la ferme ou bien eu niveau de la fromagerie) dont les espèces les plus connus sont ; *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* produisant des lipases et des protéases exo cellulaires résistantes à la pasteurisation (à 72-74°C pendant 15-20 secondes) et également à la stérilisation UHT (à 132°C pendant 1-2 secondes). Ces enzymes secrétés dégagent des goûts désagréables (malté, amer, rance), et favorisent également les pertes du rendement fromager. Ce traitement n'assure pas totalement la protection de la santé du consommateur, du faut qu'il ne détruit qu'une partie des germes pathogènes (Benguedouz, 2020).

I.3.1.2. Standardisation

La qualité du lait de fromagerie peut être définie comme l'aptitude à donner un bon fromage dans des conditions normales de travail avec un rendement satisfaisant.

La standardisation biologique par traitement thermique, bactofugation ou microfiltration, suivie de l'addition d'une flore contrôlée permet de s'affranchir de la flore originelle des laits réfrigérés présentant une flore indésirable (psychotrophes, germes pathogènes) et de favoriser la production de facteurs de croissance pour une acidification biologique régulière (Dahou,2017).

I.3.2. Caillage ou (coagulation)

Il correspond à la solidification de la caséine du lait qui aboutit à la formation d'un gel : le coagulum et d'une phase aqueuse : le lactosérum ou petit lait. Existe deux types de coagulation la coagulation lactique, la coagulation présure. La première est naturelle et spontanée. En effet, c'est la flore lactique du lait qui va transformer le lactose en acide lactique; ceci aura pour conséquence de diminuer le pH ; ce dernier provoquera le départ du caillage à partir de 5,2. La seconde utilise la présure, extraite de la caillette des veaux. Elle contient deux enzymes gastriques coagulantes : la chymosine et la pepsine. Par ce protocole le caillé est obtenu plus rapidement. Dans la fabrication des fromages, les caillés sont le plus souvent issus

d'une coagulation mixte, sauf pour les fromages frais obtenus uniquement par fermentation lactique (**Deliat, 1997**).

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte pressée non cuite (**Medjoudj, 2018**).

I.3.3. Egouttage

L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et aw) et chimique du caillé et par conséquent l'affinage du fromage. Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique et thermique, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matière grasse) (**Aissaoui zitoun, 2014**).

I.3.4. Salage

Dans la plupart des fabrications, entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par action sur l'activité de l'eau (**Medjoudj, 2018**).

Il a un triple rôle :

- Il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte ;
- Il règle l'activité de l'eau du fromage et par là favorise, freine ou oriente le développement des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage. C'est donc un facteur essentiel de conservation ;
- Il relève la saveur du fromage et masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage (**Roux, 2006**).

Le salage fait appel à deux techniques :

La première consiste à un salage à sec par saupoudrage superficiel, par frottage ou par incorporation dans la masse du caillé. La deuxième technique représente le salage en saumure par immersion dans une solution saturée en Na Cl « 317,8 g / l ». La teneur en sel du fromage à pâte molle type Camembert est de l'ordre de 1,7 à 2,5 g/100g de fromage (**Benguendouz, 2020**).

I.3.5. L'affinage

Il correspond à la digestion enzymatique du caillé après égouttage. Cette maturation va aboutir à une transformation plus ou moins prononcée qui modèlera la composition, l'aspect, la texture et la saveur de la pâte (**Deliat, 1997**).

Selon (**Mietton, 1995**), l'affinage est assuré par l'association de trois principales actions biochimiques à savoir ; la dégradation des protéines, l'hydrolyse de la matière grasse et la fermentation du lactose.

I.4. Classification des fromages

La diversité des types de fromages est vraiment à couper le souffle ! Bien qu'à partir d'une gamme limitée de matières premières (généralement du lait de bovin, d'ovin, de caprin ou de bufflonne, des cultures de démarrage, du coagulant et du sel), un grand nombre (peut-être 1500 variétés) de fromages sont produits, y compris de nombreuses variétés locales. En effet, il a été dit "qu'il y a un fromage pour chaque préférence gustative et une préférence gustative pour chaque fromage" (**Olson, 1990**).

Afin de faciliter leur étude, un certain nombre de tentatives ont été faites pour classer les variétés de fromage en groupes ou familles significatifs. Comme discuté par (**Mcsweeney et al., 2004**), les schémas de classification traditionnels ont été basés principalement sur leurs propriétés rhéologiques (qui, dans la pratique, sont étroitement liées à la teneur en humidité): c'est-à-dire dures, semi-dures ou molles (tableau 02). Bien qu'il s'agisse d'une base de classification largement utilisée, elle présente un sérieux inconvénient car elle regroupe des fromages aux caractéristiques et aux protocoles de fabrication très différents. Par exemple, le Cheddar, le Parmesan et l'emmental sont souvent regroupés en fromages à pâte dure, bien qu'ils aient des saveurs et des méthodes de fabrication très différentes. Des tentatives ont été faites pour rendre ce schéma plus discriminant en incluant des facteurs tels que l'origine du lait de fromage, la méthode de coagulation, la coupe du coagulum, l'échaudage du caillé, le drainage du lactosérum, la méthode de salage et de moulage (**Walter et Hargrove, 1972**), qui ont classé les fromages en fonction de la technique de fabrication, ont suggéré qu'il n'y avait que 18 types distincts de fromages naturels qu'ils ont regroupés en huit familles sous les rubriques, très dur, dur, semi-mou et mou.

Tableau N°02: classification de fromages (FAO/OMS, 1999).

Type	Caractéristique	Exemple
Fromages frais à pâte Fraîche	Caillé lactique, égouttage peu poussé pas d'affinage	Fromage blanc, petits suisses
Fromages à pâte molle	Pas d'égouttage, affinage	Camembert
Fromages à pâte pressée cuite	Caillé mixte/ présure, Pressage, affinage	Gouda, cheddar
Fromages à pâte pressée non cuite	Caillé présure, chauffage du caillé, pressage, affinage	Tomme, comté

II. Biotechnologie fromagère des pâtes molles de type camembert

II.1. Historique

C'est le plus célèbre des fromages originaires de Normandie. En raison de sa vogue immense auprès des consommateurs, il est fabriqué aujourd'hui dans la plupart des régions laitières françaises. Sa réputation a franchi les frontières et de nombreuses usines étrangères le fabriquent.

A ce produit reste attaché le nom de Marie Harel qui exploitait à la fin du 18ème siècle une ferme, près de Vimoutiers, dans la petite commune de Camembert (Orne). Pour les uns, Marie Harel est la créatrice du camembert, pour les autres, elle n'a fait que contribuer seulement à son développement local, le fromage existant déjà vers 1700, date à laquelle il est cité dans le « dictionnaire » de Thomas Corneille. Le mérite de Marie Harel fut de fabriquer un fromage type Brie dans un moule à Livarot. C'est le fromage qui est devenu le camembert (**Veisseyre, 1975**).

II.2. Définition de camembert

Originaire de la région de Normandie dans le nord-ouest de la France, le camembert est traditionnellement fabriqué à partir de lait de bovin entier, mais vous pouvez également le faire avec du lait de caprin frais (**Kate, 2018**).

Ce fromage est défini par le décret comme : un "fromage à pâte molle, légèrement salée, de couleur blanche à jaune crème, à moisissures superficielles constituant un feutrage blanc pouvant laisser apparaître des taches rouges, à caillé non divisé pouvant être légèrement tranché verticalement, à égouttage spontané. En forme de cylindre plat d'un diamètre de 10,5 à 11 cm, il est fabriqué exclusivement avec du lait de bovin emprésuré et renferme au moins 45 grammes de matières grasses pour 100 grammes de fromage sec, le poids total de matière sèche ne devant

pas être inférieur à 115 g par fromage. Son poids est de 250 g au minimum". Le caillé doit être moulé à la louche et le salage doit se faire au sel sec (Sicard, 2010).

Le camembert frais est fade, dur et de texture friable lorsqu'il est frais. Au fur et à mesure que le fromage mûrit, il forme une pâte lisse et coulante et une croûte fleurie blanche typique du camembert. Il a une saveur riche et beurrée. La croûte est blanche fleurie causée par un champignon blanc, appelé *Penicillium candidum*. Il est destiné à être mangé avec le fromage (figure 06) (Kate, 2018).



Figure 06 : Fromage type Camembert (Fox *et al.*, 2017)

II.3. Fabrication de camembert

Un starter mésophile (~ 0,1%) est utilisé, et lorsque le pH du lait est tombé à environ 6,1, de la présure est ajoutée. Traditionnellement, le coagulum n'est pas découpé mais versé dans des moules où s'effectue l'égouttage. Pour faciliter la fabrication, le coagulum pour camembert industriel est d'abord découpé en gros cubes puis transféré dans des moules sans cuisson. Traditionnellement, les fromages sont salés à sec et les spores de *P. camemberti* sont pulvérisées à la surface, bien que la pratique industrielle consiste maintenant à inoculer le lait avec des spores de moisissures et à saumurer les fromages. La surface du fromage est laissée sécher à température ambiante dans une pièce bien ventilée, après quoi les fromages sont transférés dans un entrepôt à environ 12° C pendant 10 à 12 jours pour le développement de moisissures. Les fromages sont ensuite emballés dans du papier ciré et placés dans des caisses en bois ou en carton avant l'affinage final à 7°C pendant 7 à 10 jours (Fox *et al.*, 2000).

II.4. Composition et valeur nutritionnelle de camembert

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, 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, 1990**).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs moyennes de ces ingrédients pour 100g.

Tableau N° 03 : Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert pour 100g (**Guégen, 1979**).

Valeurs nutritionnelles pour 100g	
Eau	50g
Energies	310(k Cal)
Glucides	4g
Lipides	24g
Protéines	20g
Calcium	400mg
Phosphore	250mg
Magnésium	20mg
Potassium	150mg
Sodium	700mg
Zinc	05mg
Vitamine A	1010(U.I)



Partie II
Matériels et Méthodes

Notre l'étude a été réalisée au sein du laboratoire pédagogique, Département de la biologie cellulaire et Moléculaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED (2021/2022).

L'objectif de ce travail est l'extraction de la présure cameline, faire l'optimisation de l'activité enzymatique de cette présure et fabrication de fromage à pâte molle type camembert à base de lait en mélange " lait camelin et lait caprin pasteurisé " .

I. Matériel

I.1. Matériel Biologique

I.1.1. Lait camelin

Le lait camelin de population SAHRAOUI d'un élevage extensif a été collecté auprès des éleveurs de la région de Hassani Abdelkrim, Robbah, Souihla d'El Oued dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.1.2. Lait caprin

Le lait caprin de race ARBIA d'un élevage extensif a été collecté auprès des éleveurs de la région de Bayadha et Tiksebt dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.1.3. Lait bovin

Le lait bovin d'un élevage semi extensif a été collecté auprès des éleveurs de la région de Tiksebt dans les conditions d'hygiène appropriées ce lait est utilisé à titre comparatif.

I.1.4. Substrat de BERRIDGE

Le lait écrémé (0% MG) en poudre (acheté à partir un supermarché), il est utilisé comme substrat standard afin de mesurer le temps de coagulation et la force coagulante selon la formule de BERRIDGE qui est choisie pour sa bonne aptitude fromagère (**Annexe N° 1**).

Cet substrat est composé de 12g de lait écrémé en poudre dissout dans 100ml de l'eau distillé avec 0,147g (0.01M) de Ca Cl₂ , pH 6.4 sous agitation douce pendant 30 min. Ensuite, le lait est conservé pendant 12h à 4°C.

I.1.5. Caillette cameline

Les caillettes proviennent de dromadaires sélectionnés, d'une part, selon leur âge (4-9 mois) Après l'abattage au niveau de l'abattoir communal d'EL-OUED le dernier tiers du troisième compartiment de leurs estomacs est prélevé. Les caillettes sont alors lavées à l'eau de robinet, dégraissées, hachées, mises dans des sacs en plastique puis congelées à -18°C (figure 07).



Figure 07 : image photographique d'une caillette camelin.

I.1.6. Présure microbienne

La présure microbienne, c'est une présure d'origine fongique de *Rhizomucor miehei*, avec activité coagulante =2,96 UP (**Annexe N° 2**).

I.1.7. Ferments Mésophiles

Ce sont des bactéries dont la température optimale de multiplication se situe entre 20 et 30°C, mais la multiplication est possible entre 10 et 35°C. Dans la maturation des laits, il est courant de mesurer une activité fermentaire des levains fermiers placés à une température de 12°C pendant 12 h se traduisant par une acidification d'environ 10°D (on appelle cette phase une pré maturation) (**Morge et al., 2004**) (**Annexe N°3**).

I.1.8. Ferments Thermophile

Ce sont des bactéries dont la température optimale de multiplication se situe entre 40 et 60°C. Toutefois, la multiplication est possible entre 25 et 60°C (**Morge et al., 2004**) (**Annexe N°3**).

I.1.9. Géotrichum

C'est la moisissure responsable du revêtement blanchâtre du camembert. Elle contribue à la formation de la saveur et de l'arôme du camembert (**Amiar et Baiche, 2015**) (**Annexe N°3**).

I.1.10. Penicillium

Cette moisissure a une activité protéolytique et lipolytique déterminant les caractères organoleptiques des fromages à l'étape de l'affinage. Elle est souvent désignée par les fromagers sous le nom de « *Penicillium candidum* » (**Amiar et Baiche, 2015**) (**Annexe N° 3**).

I.2. Appareille

- Milcoscan.
- PH mètre (Crison 20).
- Balance (Rad Wag).
- Balance (Clatronic).
- Centrifugeuse de GERBER.
- Agitateur.
- Thermomètre.
- Bain-marie.

I.2.1. Petits Matériels

Béchers, fioles jaugées, fioles à vide, pipettes graduées, burette de précision, pipette pasteur, Chiffon de filtres, support à tube à essai, barreaux aimanté, couteau, pissette, tubes à essais stériles, flacons stériles, Des gants, erlenmeyer, éprouvette graduée, spatule, Marmite.

I.2.2. Produits chimiques

Solvants : H Cl, Acide borique, Acide lactique, Eau distillée.

Sels : Na Cl, Na OH, CaCl₂.

II. Méthodes

II.1. Caractérisation physico-chimique du lait

Les paramètres physico-chimiques mesurés sont : le pH, l'acidité titrable, la densité, la teneur en matière sèche totale ou extrait sec total (EST), la teneur en protéines. Toutes les mesures ont été effectuées en 3 essais.

Afin de déterminer le paramètre physico-chimique du lait, nous avons eu recours à une analyse rapide au moyen d'un appareil Milcoscan, ce dernier étant un appareil automatique d'analyse du lait par spectromètre moyen infrarouge, il affiche les résultats sur son écran digital (figure 08) (**Annexe N° 4**).



Figure 08 : Appareil Milcoscan

II.2. Extraction des enzymes coagulantes

L'extraction a été faite selon le protocole utilisé par (Wangoh *et al.*, 1993).

Après et décongélation coupure de l'abomasa sec de chameau en tranches de 1 cm², une macération est faite dans une solution de Na Cl à 6% (1:10, poids / volume) contenant de l'acide borique Plus de 2% pendant 4 jours consécutifs à 5 °C. Puis le mélange est filtré et centrifugé à 1500 tr / min pendant 15 minutes. Réduire le pH du surnageant de 5,5 à 4,7 avec H Cl 1N et l'extrait a été maintenu à 25 ° C pendant 24 heures pour activer le zymogène. Alors Le pH a été ensuite augmenté à 5,5 avec du Na OH 1N puis centrifuger le mélange pour obtenir l'extrait final Présure (Annexe N° 5).

- Préparation des solutions de l'extraction

- ✓ Macération Na Cl 24g + acide borique 8g pour 400 ml d'eau distillé dans béccher 500 ml avec des tranches de caillette de cameline

- ✓ Pour préparer 20 ml de la solution de HCL (1N), on dissout 1.64 ml de HCL et ajoute de l'eau distillée jusqu' à 20 ml.

- ✓ Pour préparer 100 ml de la solution de Na OH (1N), on dissout 3.979g de Na OH dans 100 ml d'eau distillé (figure 09).

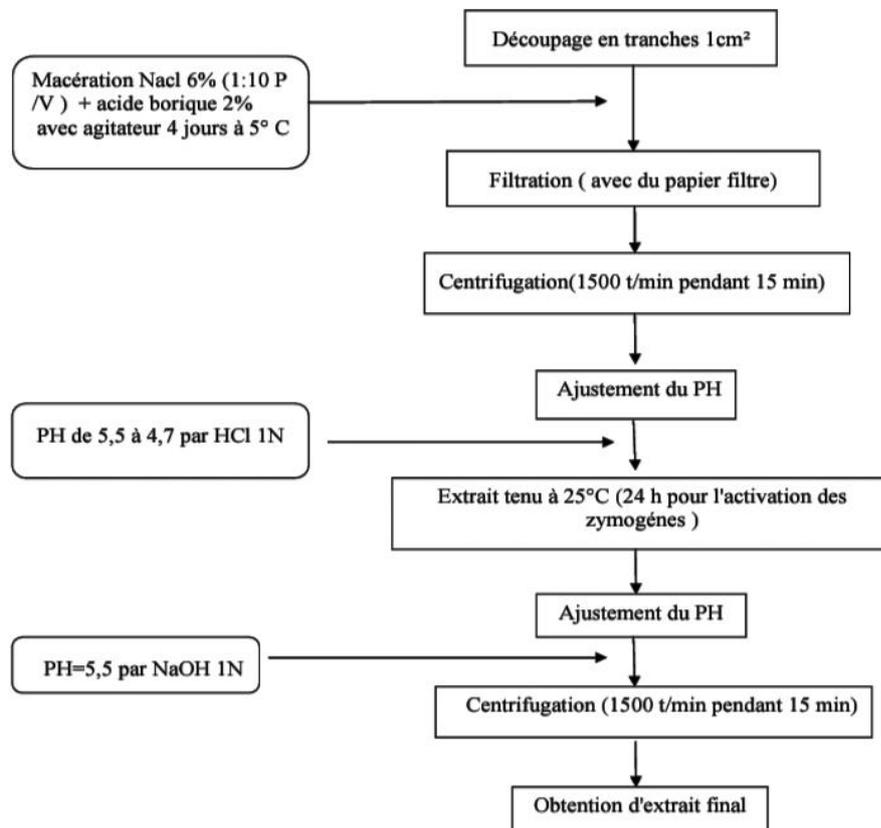


Figure 09 : Protocole d'extraction de la présure cameline (wangoh *et al.*, 1993).

La figure 10 représente l'extrait final de la présure cameline.



Figure 10 : Extrait final de la présure cameline

II.3. Caractérisation de la présure cameline

II.3.1 Activité coagulante

10 ml du substrat de Berridge (pH 6,6) contenus dans un tube à essai sont maintenus au bain Marie à 30°C. Le chronomètre est déclenché lors de l'ajout de 1 ml de l'extrait enzymatique. Le tube est ensuite soumis à une légère rotation. Le chronomètre est arrêté dès l'apparition des premiers flocons sur la paroi du tube et le temps de floculation est noté (**Alais, 1984**). Le temps de floculation est employé dans le calcul de l'activité coagulante. La dilution d'enzyme retenue est celle qui donne un temps de floculation compris entre 300 et 360 secondes (**Green et al., 1984**) (**Annexe N°6**) .

$$U.A.S = 10 \times V/Tc \times Q$$

U.A.C : unité d'activité coagulante.

V: volume de substrat standard utilisé (ml).

Q: volume d'extrait coagulant (ml).

Tc: temps de coagulation (secondes).

II.3.2. Temps de coagulation

Le temps de prise est le point où apparaissent les premières gouttelettes du lactosérum sur la surface du gel, le coagulum devient rigide et ne coule plus sur les parois du tube (**Alais, 1974**). Elle est réalisée directement sur le lait cru.

Un volume de 10 ml de lait cru de chamelle est versé dans un tube à essai mélangé par 3 retournements et maintenu à 35°C dans un bain marie, puis additionné de 1 ml de la solution enzymatique. Le tube est laissé jusqu'à la solidification du gel et l'apparition des premières

gouttelettes du sérum sur la surface du gel. Le temps écoulé représente le temps de prise. Pour la coagulation présure, le temps de prise représente généralement environ le double du temps de floculation ; ainsi pour un temps de floculation compris entre 12 et 15min, le temps de prise est compris entre 25 et 30 min (FAO, 1995) (Annexe N°7).

II.3.3. Force coagulante

Force coagulante est déterminé selon la méthode du Berridge (1952) et tel que modifié par (Collin *et al.*, 1977). Cette méthode permet d'exprimer l'activité de l'extrait enzymatique en force coagulante. Il représente le volume de lait coagulé par unité de volume de l'extrait enzymatique en 40 min, à 35°C et à pH 6,4 (Nouani *et al.*, 2009) (Annexe N° 8).

Selon la formule :

$$F = (2400 \times V) / (t \times v)$$

F : force de l'enzyme.

V : Volume du lait ajusté (ml).

v : volume de la solution enzymatique (ml).

t : temps de coagulation du lait frais en minutes (m).

II.3.4. Dosage de la protéine

La méthode de Kjeldahl est la méthode de référence de dosage de l'azote total pour le domaine alimentaire. Elle consiste à effectuer une minéralisation complète des molécules organiques, transformant l'azote présent en ammoniacque qui peut être dosé par différentes techniques (Guillou *et al.*, 1976)

- Mode opératoire
- Minéralisation

La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré, à chaud et en présence d'un mélange de catalyseur (sulfate de potassium, sulfate de cuivre et de sélénium). En présence d'acide sulfurique concentré et chaud, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote des composés organiques se retrouvent sous forme de CO₂, H₂O et NH₃. L'acide sulfurique étant en excès, on a :



L'azote total est donc obtenu sous la forme minérale NH₄⁺ (ion ammonium). Au cours de la minéralisation, l'acide sulfurique est partiellement décomposé et réduit en SO₂ et SO₃ qui forment des fumées blanches irritantes et toxiques.

- Distillation

Pour transformer les ions ammonium du minéralisât en ammoniac (NH_4^+ en NH_3), on doit alcaliniser le minéralisât avec un large excès d'une base forte qui est la soude Na OH à 32%.



L'ammoniac est récupéré par distillation : on chauffe le minéralisât alcalinisé, le NH_3 se dégage sous forme de vapeurs que l'on condense, que l'on capte par l'acide borique à 4% et que l'on recueille pour le dosage.



- Titration

L'ammoniac fixé est titré avec l'acide chlorhydrique (0,1N) en présence d'indicateur coloré de Tashiro ou RB (mélange de rouge de méthyle et de bleue de méthylène).



Lorsque l'ammoniac arrive dans l'acide borique, il alcalise le milieu qui vire au vert, on verse alors la solution étalonnée d'acide fort pour ramener l'indicateur à sa teinte sensible.

Expression des résultats

$$\text{Azote totale} = 1,40 \times N \times (\text{Vi} - \text{V0}) / P$$

$$\%P = \text{Azote totale} \times \text{coefficient de conversion (6,25)}$$

II.3.5 Activité spécifique

L'activité spécifique est exprimée par le rapport entre l'activité coagulante de l'extrait enzymatique et le taux de protéines de cet extrait enzymatiques et exprimée en U.P/mg (**Nouani et al., 2009**).

$$\text{AC spécifique} = \frac{\text{Unité de présure (UP)}}{\text{Masse de protéines (mg)}}$$

II.4. Pasteurisation de lait

Le lait frais pasteurisé est chauffé à 72 °C pendant 15 secondes, ou à 63 °C pendant 30 minutes. La pasteurisation a pour but d'éliminer tous les germes pathogènes présents dans le lait (**Laurent, 2015**).

Dans notre travail, on a choisi de pasteuriser du lait mélangé (lait de caprin et lait de camelin) à une température de 63°C Celsius pendant 30 minutes.

II.5. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode des surfaces de réponse

La méthode surface de réponse définie comme étant la méthode mathématique et statistique qui permet de modéliser et d'organiser aux mieux des essais qui accompagnent une recherche scientifique ou des études industriels (Goupy et Creighton, 2006).

Cette méthode visée à établir et analyser les différentes interactions qui existent entre les grandeurs étudiées, et leurs sources de variation supposées (Vivier, 2002). Un plan d'expérience consiste en la mise en œuvre organisée d'un ensemble d'unités expérimentales d'une manière à révéler les effets de différents traitements. L'objectif principal de la théorie des plans d'expériences est d'assurer la meilleure précision possible, avec un maximum d'information et un minimum d'essais sans sacrifier la qualité, après avoir fait varier simultanément les niveaux d'un ou plusieurs facteurs (figure 11) (Goupy et Creighton, 2006) (Annex N°9).

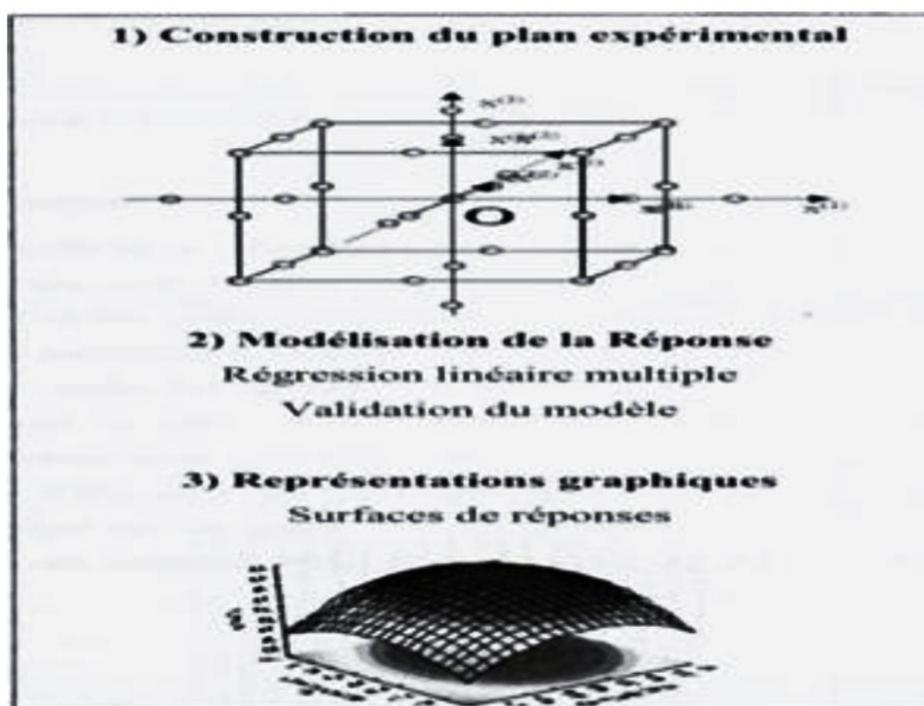


Figure 11 : Etapes de la méthodologie de surface de réponse.

II.5.1. Construction du plan d'expérience

En central composite design (CCD), les valeurs extrêmes de la réponse sont recherchées à l'intérieur d'un carré scénarisé dans la sphère formée par les points expérimentaux. Dans le CCD, dans son expression minimale, seul le point central doit être répliqué, en supposant que la variation statistique du reste de tous les points expérimentaux est la même que dans le point

central. Un point supplémentaire, cependant, peut améliorer la précision du modèle. Avec ce type de design optimisation expérience (DOE), un modèle quadratique de réponse pourrait être obtenu. Un deuxième degré d'un polynôme peut être utilisé pour trouver les valeurs extrêmes (minimum pH : 5 et T: 30 ou maximum pH : 6.7 et T: 42) à l'intérieur de la surface expérimentale. Avant cela, cependant, il peut être démontré que le modèle quadratique de réponse est adapté pour naviguer à l'intérieur de ses valeurs pour trouver les optima. L'analyse de variance (ANOVA) du modèle mathématique et l'analyse de ses résidus peuvent être servies à cet effet (tableau N° 04) (Lorena *et al.*, 2018).

Tableau N° 04 : facteurs, codes et niveaux du plan d'expérience
pour les paramètres de pH et T°C

Niveau (codés)	Facteurs (non codés)	
	pH	T°C
Point min (-α)	5	30
-1	5.25	31.76
0	5.85	36
1	6.45	40.24
Point max (+α)	6.7	42

Le plan d'expérimentation est basé sur un plan composite centré pour deux variables indépendantes, A: Température (30-42) et B: pH (5 -6.7), à un minimum de 13 points d'expériences sont recommandées dont cinq correspondent au point central et les huit autres entourant le point central (tableau N° 05).

Tableau N° 05 : Variables réelles et codifiées des variables indépendantes
(X1: température (C°) y X2 : le ph en cinq niveaux suggérés (-1,41, -1, 0, +1, +1,41).

Essai	Valeur codés		Valeur non codés	
	A	B	pH	T°
1	0	1.41421	5.85	42
2	0	0	5.85	36
3	1	-1	6.451	31.757
4	1	1	6.451	40.242
5	0	0	5.85	36
6	-1	1	5.248	40.242
7	0	0	5.85	36
8	1.41421	0	6.70	6.30
9	0	0	5.85	36
10	0	-1.41421	5.85	30
11	-1.41421	0	5	36
12	0	0	5.85	36
13	-1	-1	5.248	31.75

II.5.2. Modélisation de la réponse

Selon (Zaddem, 2014), la modélisation de la réponse est réalisée à l'aide de techniques de régression qui permettent de relier une réponse « y » à un ensemble de facteurs « Xi » selon la relation suivante :

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$$

On peut avoir une bonne approximation de cette relation par un polynôme de second degré qui permet de décrire les phénomènes étudiés. Ce modèle inclut les effets linéaires, les effets quadratiques et les effets d'interaction des facteurs. Le modèle de surface des réponses du second degré peut s'écrire de la manière suivante :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

- y représente la fonction de réponse,
- β_0 est la constante polynomiale qui exprime l'effet moyen général,
- β_i , β_{ii} et β_{ij} sont les coefficients des effets linéaires, quadratiques et interaction respectivement,
- X_i et X_j représentent les variables codées indépendantes.

II.5.3. Traitement statistique

Tous les résultats de caractéristique physico-chimique du lait (camelin, caprin, bovine) ont été réalisés en triplicata et les résultats ont été exprimés en moyenne \pm l'écart-type par le logiciel statistique (**Excel**).

Pour les modélisations statistiques de temps de floculation et le temps de coagulation, a été réalisé par logiciel statistique **MINITAB (2019)**, et pour obtenir les résultats de régression et les équations de réponse temps de (floculation et coagulation), ont utilisé le même programme précédent, suite du test **ANOVA** (par **2 facteurs pH** et **T°**) pour obtenir les résultats de la modélisation de réponse le temps de floculation et le temps de coagulation et pour obtenir aussi les points optimaux pour chaque formule de la fabrication du fromage. Les différences ont été considérées significatives au seuil de probabilité de **5 % (p \leq 0,05)**.

Après traitement statistique, les résultats précédents ont été traduits en graphiques par logiciel statistique **STATISTICA (2010)**.

II.6. Validation des résultats (Fabrication de fromage frais)

A partir des résultats de l'optimisation de l'activité enzymatique par la méthode des surfaces de réponse, nous avons extrait les points optimaux pour chaque type frais et fabriqué

trois formulations de fromages selon le schéma selon les conditions suivantes (figure 12) (Annexe N° 10).

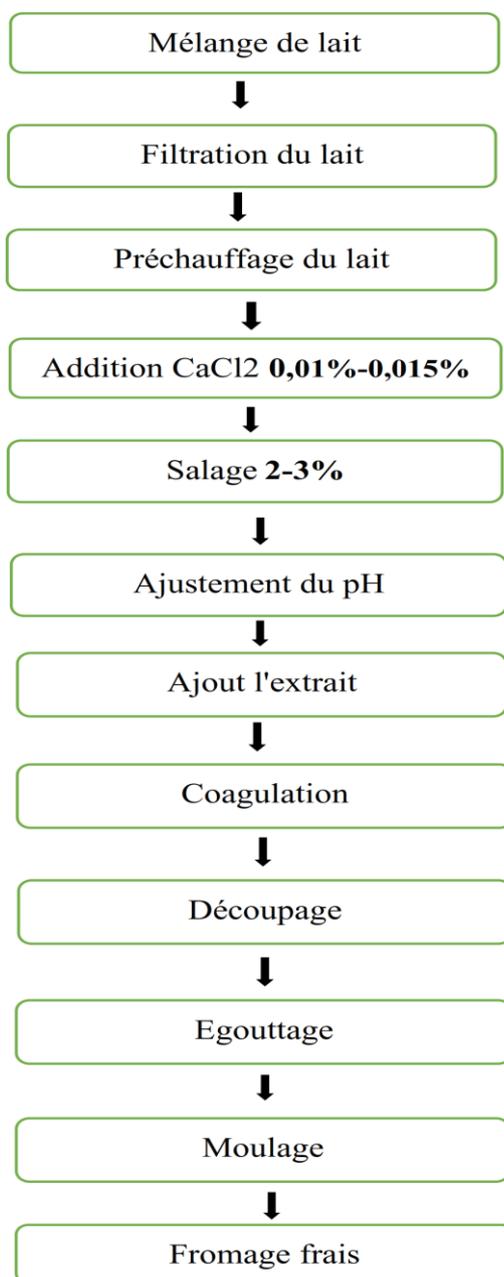


Figure 12: Diagramme représente les étapes de la fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique.

II.7. Rendement de fromager

Le rendement fromager présente un grand intérêt en industrie fromagère car il reflète globalement comment a été réalisée la répartition quantitative des constituants du lait lors de l'égouttage. Il nécessite un taux élevé en extrait sec et plus précisément en protéines (caséine)

et des concentrations élevées en matière grasse (**Naoani, 2009**). Elle s'obtient selon la formule ci-dessous (**Vignola, 2002**)

$$\text{Rendement} = (\text{Masse de fromage(g)} / \text{Volume de lait (ml)}) * 100$$

II.8. Fabrication de fromage à pâte molle type camembert

Dans cette partie, on a choisi de fabriquer le fromage à pâte molle type camembert selon la formulation 50% lait camelin et 50% lait caprin.

En comparaison avec la formulation produite avec la présure microbienne. Le diagramme de la fabrication est présenté dans la (figure 13) (**Annexe N° 11**).

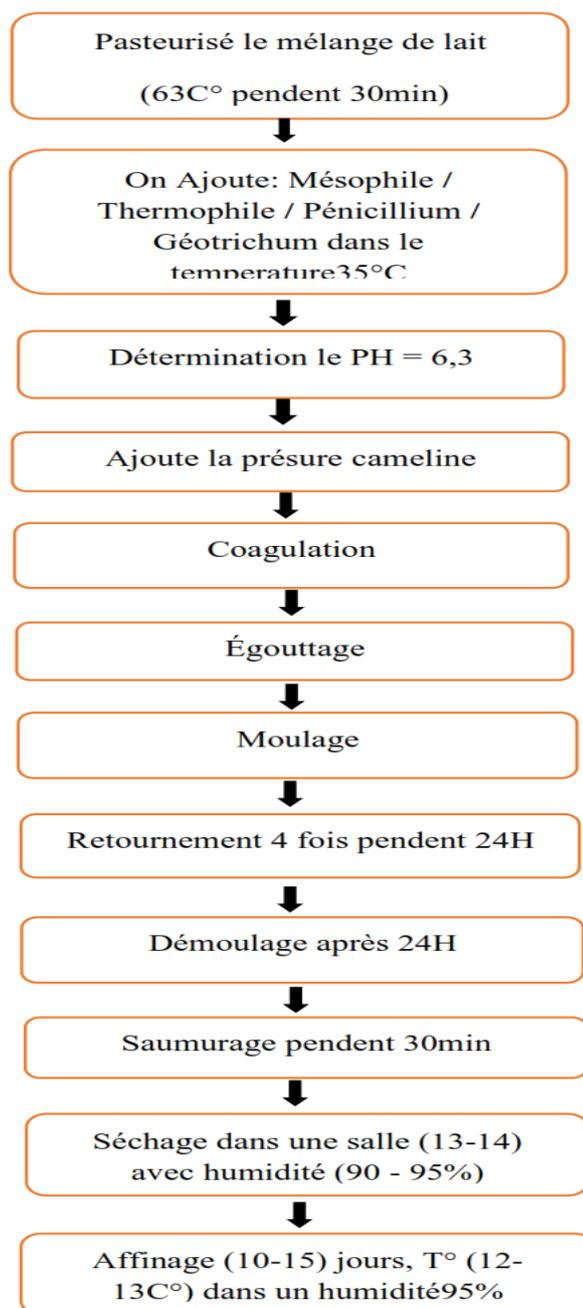


Figure 13 : Diagramme de fabrication du camembert, affiné en surface.

II.9. Caractérisation sensorielle du fromage à pâte molle type camembert

L'objectif de l'analyse consiste à donner une description sensorielle du camembert à base de lait en mélange (camelin et caprin) et avoir une idée sur la qualité générale des deux nouveaux produits de fromage.

✓ Principe (**Berodier et al., 2003**) elle consiste à donner à un sujet un échantillon de fromage camembert et les caractéristiques sensorielles sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations. La caractérisation porte sur :

- Aspect de surface.
- Texture de la pâte.
- Arôme.
- Gout
- Appréciation globale du fromage.

✓ Constitution du jury Le groupe d'examineur est constitué de 20 personnes "Etudiants et enseignants"

✓ Mode opératoire (Berodier *et al.*, 2003)

Les échantillons de fromage camembert sont coupés en petits carré et placés dans une boîte fermée pendant une heure avant le test. Le dégustateur répond aux questions sur la grille d'évaluation et évaluer les caractéristiques sensorielles.



Partie III
Résultats et Discussion

Dans cette partie, nous passerons en revue et discuterons les résultats obtenus à partir de travaux expérimentaux.

I. Résultats d'analyses physico-chimiques de lait

Les résultats d'analyses physico-chimiques des trois types du lait (lait camelin, lait caprin et lait bovin) sont représentés dans le (tableau N°06).

Tableau N° 06 : Résultats d'analyses physico-chimiques du lait

Les paramètres	Lait camelin	Lait caprin	Lait bovin
pH	6.55±0.122	6.75±0.65	6,71±0,25
Densité	1.036±0.001	1.029±0.002	1.030±0.005
Protéine g/l	3.72%±0.25	3.9%±0.65	3.23%±0.55
Lactose g/l	5.59%±0.37	5.83%±1.00	4.9%±0.87
Matière grasse g/l	6.75%±0.78	7.83%±4.73	2.33%±0.35
Extrait sec total g/l	10.18 %±0.69	10.57% ±1.81	8.9%±1.49
Cendres g/l	0.83% ±0.05	0.83%± 0.15	0.73%± 0.11

Il connut que la matière grasse du lait caprin est le plus élevé (7.83%±4.73), et concernant de lait camelin (6.75%±/0.78) est supérieur par apport à celle de (Al kanhal, 2010) qui est évalué entre (1,2 et 6,4 %).

Ces valeurs paraissent supérieures comparativement à celle du lait bovin qui est évalué à (2.33%±0.35). Le taux de matières grasses est affecté par plusieurs facteurs : des effets combinés de l'alimentation, des facteurs climatiques (chaleur, aridité), et du stade de lactation. Il était difficile de dissocier entre ces facteurs (Hamidi, 2014).

La mesure de la densité a montré que le lait camelin (1.036) est plus dense que le lait bovin (1.030) et lait caprin (1.029).

La valeur de lait camelin est proche par (Boudjenah, 2012) se situent entre (1,028 à 1,031), Parce que la densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche dégraissée) (Madjour, 2014).

Pour les résultats d'extrait sec total de lait caprin (10,57%± 1,81) et camelin (10,18%± 0.69) étaient très proche et plus élevé par apport lait de vache (8.9% ±1.49).

La teneur en matière sèche du lait varie en fonction du stade de lactation. Ainsi, elle diminue durant le mois suivant le vêlage, puis augmente suite à l'accroissement de taux de matière grasse et azotée (Debouz *et al.*, 2014).

II. Résultats de caractérisation l'extrait enzymatique (présure cameline)

Les résultats de la caractérisation des extraits enzymatiques (présure cameline), elles sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Tableau N° 07 : Résultats de la caractérisation des extraits enzymatiques

Parameters	Présure cameline		
Activité coagulante (UP/ml)	35.333±3.055		
Force coagulante (US)	1 / 952.38		
Teneur en protéine (mg/ml)	19		
Activité spécifique (UP/mg)	1.859		
Temps de coagulation (s)	Lait de camelin	Lait de caprin	Lait de Bovin
	3.326±0.221	1.3±0,15	1.226±0.244

II.1. Activité coagulante

Le résultat obtenu de présure cameline clarifié, exprimé en nombre d'unités de présure (UP) a une activité coagulante de 2,83 UI. Cette activité est inférieure par rapport à (**Ammari et Saighi, 2021**) évaluée à 4.36 UP et supérieure à celle (**Bouloussa et Mahmoudi, 2020**) est de 1,52 U.P.

II.2. Force de coagulation

La force coagulante de présure cameline clarifié est de 1/952.38. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par (**Ammari et Saighi, 2021**) évaluée à 1/3179.65 et supérieure à (**Bouloussa et Mahmoudi, 2020**) qui est de 1/565.77.

II.3. Teneur en protéine

La teneur en protéines de l'extrait clarifié de la présure cameline obtenu est de 19mg/ml. Ce résultat est supérieur par apport (**Bouloussa et Mahmoudi, 2020**) qui est de 11mg/ml, (**Ammari et Saighi, 2021**) évaluée à 17 mg/l, et inférieur à celui obtenu par **Isselnane (2014)** ayant une valeur de 30.5 mg/ml.

II.4. Activité spécifique

L'activité spécifique de présure camelin est 0.148 UP /mg, cette activité est supérieure Par rapport à celle obtenue par **Isselnane (2014)** évaluée à 0.127 UP/mg.

II.5. Temps de coagulation

La mesure du temps de coagulation a permis d'affirmer qu'il y a une bonne affinité d'extrait coagulante de camelin sur le lait camelin, lait caprin et lait d'vache. Ces deux derniers sont les courts comparés ceux enregistrés pour le lait camelin.

On a remarqué que les résultats de coagulation que nous avons trouvés sont beaucoup moins à ce qu'ils ont trouvé (**Ammari et Saighi, 2021**). Ces différences des résultats sont dues selon l'âge du camelin, d'autres solutions de macération ainsi que les conditions d'extraction (**Mahboub et al., 2012**).

III. Optimisation des paramètres de pH et de la température floculation et coagulation par méthode surface de réponse

III.1. Optimisation du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N° 08 présente les données expérimentales du temps de floculation avec la présure cameline des différentes formulations

Valeur non codés			Réponse du temps de floculation en (s)		
Essai	pH	T(C°)	F1	F2	F3
			(50%LCM/50%LCP) avec PCM	(25%LCM/75%LCP) avec PCM	(75%LCM/25%LCP) avec PCM
1	5.85	42	03.11	02.26	02.23
2	5.85	36	03.43	03.45	06.78
3	6.451	31.757	08.91	09.93	11.52
4	6.451	40.242	03.50	06.36	06.83
5	5.85	36	04.07	04.59	06.52
6	5.248	40.242	02.48	02.93	03.93
7	5.85	36	04.32	04.52	05.84
8	6.70	36	05.51	07.71	08.07
9	5.85	36	03.61	04.49	05.38
10	5.85	30	09.85	11.21	09.95
11	5.00	36	05.26	04.00	05.67
12	5.85	36	03.26	03.94	05.90
13	5.248	31.75	09.09	08.07	13.65

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), F2 : Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et F3 : Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin), PCM : présure cameline ; LCM : lait camelin ; LCP : lait caprin.

A travers les résultats obtenus pour les trois formulations (F1 ; F2 ; F3) à base du lait pasteurisé sont présentés dans le (tableau N°8). On a déduit les remarques suivantes :

- **F1 (50%LCM/50%LCP) :** Le temps de floculation était maximal à (9.85s) pour les couples (pH=5.85 / T°=30C), et minimale à (2.48s) pour les couples (pH= 5.24 /T°=40.24 C) ;
- **F2 (25%LCM/75%LCP) :** Le temps de floculation était maximal à (11.21s) pour les couples (pH= 5.85 / T°=30 C), et minimale à (2.23s) pour les couples (pH 5.85/T°=42 C) ;
- **F3 (75%LCM/25%LCP) :** Le temps de floculation était maximal à (13.65s) pour les couples (pH= 5.24 / T°=31.75C), et minimale à (2.23s) pour les couples (pH =5.85 / T°=42C).

Comparativement aux résultats de **Amari et Saighi (2021)**, qui étaient travaillé avec des mêmes formulations à base du lait cru :

- ✚ **Le temps maximal :** F1= (9.4s) pour le couple (pH= 5.85 /T°=36 C), F2= (8.41s) pour le couple (pH =5.85 /T°=30 C) et F3= (8.57s) pour le couple (pH =6.7 / T°=36 C).
- ✚ **Le temps minimal :** F1= (5.23s) pour le couple (pH =5.85/ T°=30C), F2= (2.26s) pour le couple (pH =5.85 /T°=42 C) et F3= (3.61s) pour le couple (pH =5.85 /T°= 42 C).

On peut dire que le temps maximale et minimale de floculation obtenu avec différentes formulations à base du lait pasteurisé ont été différents à celle trouvé à base du lait cru.

III.1.1. Modélisation statistique du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N° 09 résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la floculation des trois formulations.

	Formulation	Enzyme	R carré	Equation régression	d
Floculation	F1 (50%LCM/50%LCP)	PCM	97.93%	228.6 -6.857 T + 2.312 PH*PH + 0.0769 T*T	1
	F2 (25%LCM/75%LCP)	PCM	96.24%	237.5 – 34.36 PH – 7.11 T + 0.0777 T*T	1
	F3 (75%LCM/25%LCP)	PCM	85.98%	273.8– 6.13 T	1

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), **F2 :** Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et **F3 :** Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin), **d :** désirabilité, **PCM :** présure cameline, **R :** régression ; **LCM :** lait camelin ; **LCP :** lait caprin.

On a observé que les valeurs du coefficient de détermination R^2 dans les trois formulations ont été supérieures à 50%, ce qui signifie un bon ajustement pour le modèle proposé avec le lait pasteurisé. De plus, toutes les valeurs de R^2 ont été clairement supérieures à celle trouvé avec les formulations à base du lait cru.

On peut conclure que la présure cameline a donné une meilleure régression avec la formulation F1, Donc notre présure possède une affinité élevée à cette formulation comparativement à d'autre.

III.1.2. Modélisation du temps de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N° 10 présente les valeurs de p de différents coefficients de régression pour les trois formulations étudiées.

Enzyme	Coefficient de régression	Valeur de p de F1 (50%LCM/50%LCP)	Valeur de p F2 (25%LCM/75%LCP)	Valeur de p F3 (75%LCM/25%LCP)
PCM	b_0	0.000	0.000	0.002
	b_1	0.383	0.001	0.359
	b_2	0.000	0.000	0.001
	b_{11}	0.002	0.009	0.115
	b_{22}	0.000	0.001	0.308
	b_{12}	0.244	0.308	0.138

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), **F2** : Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et **F3** : Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin) ; **PCM** : présure cameline ; **LCM** : lait camelin ; **LCP** : lait caprin.

III.1.2.1. Effet du pH et du T°C sur la floculation de formulation 1

Pour la formulation F1, la valeur de p du coefficient de régression b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de la température. De plus la régression b_{11} , b_{22} présente une valeur de p , inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet un effet quadratique significatif de la température et quadratique significatif de pH sur la formulation 1 avec PCM.

La floculation de la formulation 1 avec le lait pasteurisé est influencée par la variation pH et la variation Température avec PCM, (il est plus affecté par la température que par le pH), et c'est le même résultat a comparé par **Ammari et Saighi (2021)** avec le lait cru.

III.1.2.2. Effet du pH et du T°C sur la floculation de formulation 2

Pour la formulation F2, la valeur de p du coefficient de régression b_1 , b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de pH et significatif linéaire de la température. De plus la régression b_{11} et b_{22} présente une valeur de p , inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet significatif quadratique de pH et significatif quadratique de la Température sur la formulation 2 avec PCM.

La floculation de la formulation 2 avec le lait pasteurisé est affectée par la variation de pH et la variation de la température avec PCM (plus affecté par la température que le pH), et c'est le même résultat a comparé par **Ammari et Saighi (2021)** avec le lait cru.

III.1.2.3. Effet du pH et du T°C sur la floculation de formulation 3

Pour la formulation F3, la valeur de p de coefficient de régression b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de la température sur la formulation 3 avec PCM.

La floculation de la formulation 3 avec du lait pasteurisé est affectée par la variation de température avec PCM, par rapport aux résultats de **Ammari et Saighi (2021)** la formulation 3 avec du lait cru, elle est affectée par la variation de pH et la variation de température.

❖ Points optimums

Après l'optimisation de la floculation, le (tableau N°11) présente les points optimums obtenus

Tableau N°11 : présente les points optimums de la floculation

Formulation	F1	F2	F3
Point optimale	pH =5.68 / T°=30 C	pH=5.30 / 40.54 C	pH=5.17 /42 C

III.1.3. Graphiques de surface de réponse de la floculation des trois formulations avec la présure cameline

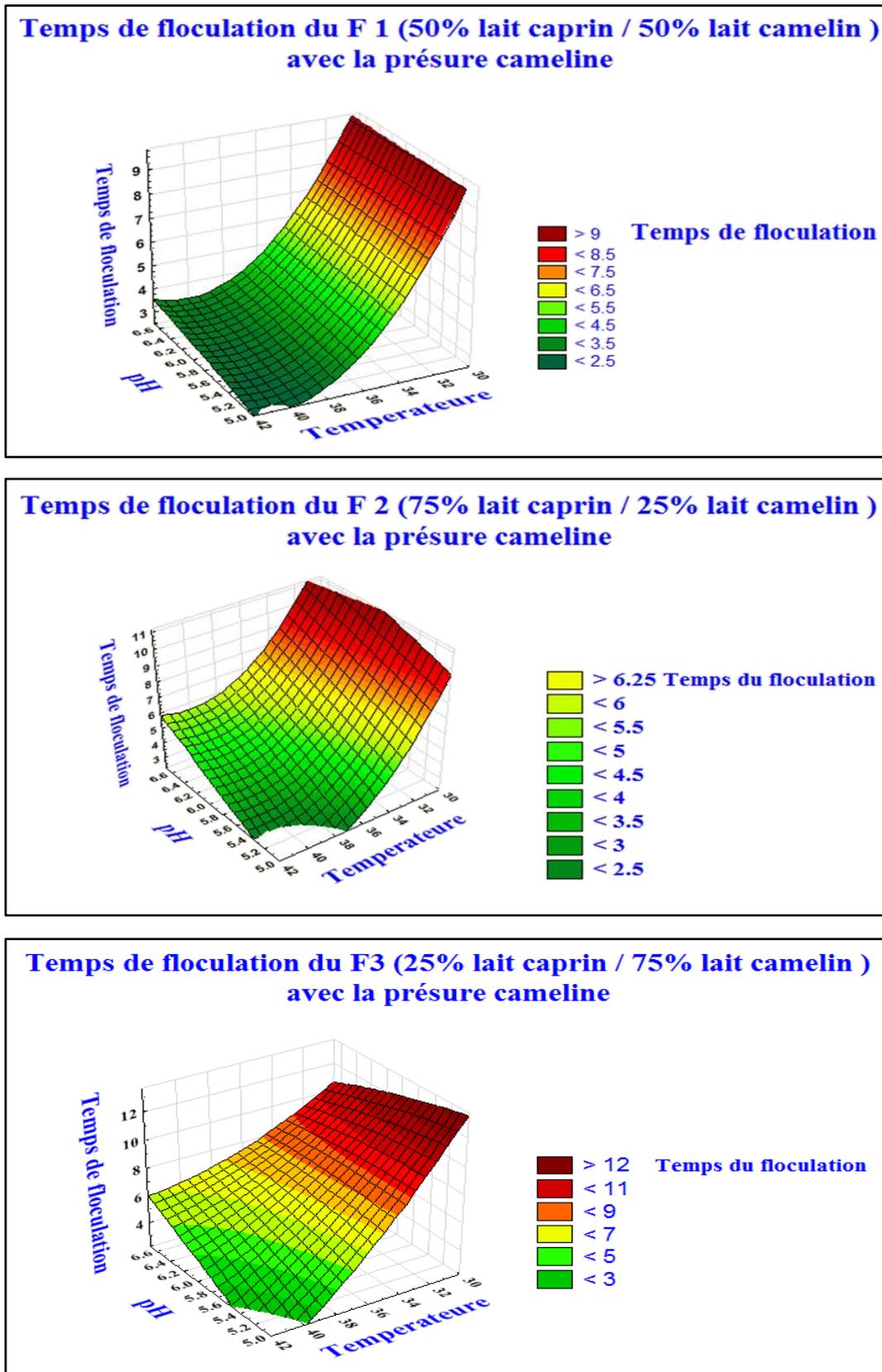


Figure 14 : Graphique de surface de réponse du temps de floculation du lait cameline et le lait caprin des trois formulations avec la présure cameline

III.2. Optimisation du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N° 12 présente les données expérimentales du temps de coagulation avec la présure cameline des différentes formulations

Valeur non codés			Réponse du temps de coagulation en (s)		
Essai	pH	T(C°)	F1	F2	F3
			(50%LCM/50%LCP) avec PC	(25%LCM/75%LCP) avec PCM	(75%LCM/25%LCP) avec PCM
1	5.85	42	06.68	04.50	10.07
2	5.85	36	15.00	05.00	10.39
3	6.451	31.757	31.00	06.58	18.85
4	6.451	40.242	08.00	05.06	09.50
5	5.85	36	04.07	04.59	06.52
6	5.248	40.242	10.00	05.20	09.73
7	5.85	36	10.00	09.46	08.50
8	6.70	36	10.00	04.89	09.65
9	5.85	36	11.00	06.05	24.14
10	5.85	30	09.00	05.31	10.98
11	5.00	36	75.00	08.03	33.58
12	5.85	36	19.00	09.98	30.56
13	5.248	31.75	07.00	05.52	12.28

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), **F2** : Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et **F3** : Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin) ; **PCM** : présure cameline ; **LCM** : lait camelin ; **LCP** : lait caprin.

A travers les résultats obtenus pour les trois formulations (F1 ; F2 ; F3) à base du lait pasteurisé sont présentés dans le (tableau N°12). On a déduit les remarques suivantes :

- ❖ **F1 (50%LCP/50%LCM)** : La valeur maximale du temps de coagulation était (75s), pour le couple (pH 5.85/T°=30 C), contrairement à sa valeur minimale (6.68s), pour le couple (pH= 5.85 /T°=42 C).
- ❖ **F2 (75%LCP/25%LCM)** : La valeur maximale du temps de coagulation était (11.40s), pour le couple (pH= 5.24 /T°=31.75 C), contrairement à sa valeur minimale (4.5s), pour le couple (pH= 5.85 /T°=42 C).
- ❖ **F3 (25%LCP / 75%LCM)** : La valeur maximale du temps de coagulation était (34.41s) pour le couple (pH =5.24 /T°=31.75 C), contrairement la valeur minimale (8.5s), pour le couple (pH=5.85 /T°=42 C).

Comparativement aux les résultats de **Ammari et Saighi (2021)** qui travaillé avec des mêmes formulations à base du lait cru :

- ✚ **Le temps maximal** : F1= (41.15s), F2= (8.41s) pour le même couple (pH =6.7 /T°=30C) et F3= (8.57s) pour (pH =5.24 /T°=40.24C).
- ✚ **Le temps minimal** : F1= (6.63s) pour le couple (pH=6.45/ T°=40.24 C), F2= (2.88s) et F3= (9.24 s) pour le même couple (pH=5.85 /T°=36 C).

On peut dire que le temps maximale et minimale de coagulation obtenu avec différentes formulations à base du lait pasteurisé ont été différents à celle trouvé à base du lait cru.

III.2.1. Modélisation statistique du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N°13 résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la coagulation des trois formulations.

	Formulation	Enzyme	R carré	Equation régression	d
Coagulation	F1 (50%LCM/50%LCP)	PCM	95.32%	1691 -70,6 T + 0.798 T*T	1
	F2 (25%LCM/75%LCP)	PCM	93.75%	253.7 – 58.3 PH – 3.60 T + 4.594 PH*PH	1
	F3 (75%LCM/25%LCP)	PCM	91.40%	1358-26.97 T+18.34 PH*PH	1

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), **F2** : Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et **F3** : Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin), **d** : désirabilité, **PCM** : présure cameline ; **R** : régression ; **LCM** : lait camelin ; **LCP** : lait caprin.

On a observé la valeur du coefficient de détermination R^2 dans les trois formulations à supérieur 90%. Ce qui signifie un bon ajustement pour le modèle proposé avec le lait pasteurisé. Les résultats très proches par rapport à **Amari et Saighi (2021)** avec du lait cru.

On peut conclure que la présure cameline a donné une meilleure régression avec la formulation F1. Donc notre présure possède une affinité élevée à cette formulation comparativement à d'autre.

III.2.2. Modélisation du temps de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline

Le tableau N°14 résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la coagulation des trois formulations

Enzyme	Coefficient de régression	Valeur de p de F1 (50%LCM/50%LCP)	Valeur de p F2 (25%LCM/75%LCP)	Valeur de p F3 (75%LCM/25%LCP)
PCM	b_0	0.000	0.000	0.001
	b_1	0.106	0.000	0.071
	b_2	0.000	0.005	0.000
	b_{11}	0.525	0.001	0.003
	b_{22}	0.000	0.028	0.032
	b_{12}	0.237	0.788	0.068

F1 : Formulation 1 (50% lait caprin et 50 % lait camelin), **F2** : Formulation 2 (75% lait caprin et 25 % lait camelin) et **F3** : Formulation 3 (25% lait caprin et 75% lait camelin) ; **PCM** : présure cameline ; **LCM** : lait camelin ; **LCP** : lait caprin.

III.2.2.1. Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation 1

Pour la formulation F1, la valeur de p du coefficient de régression b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de la température. De plus la régression b_{22} présente une valeur de p , inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet quadratique significatif de la température sur la formulation 1 avec PCM

La coagulation de la formulation 1 avec du lait pasteurisé est affectée par la variation de la température, a comparé par les résultats **Ammari et Saighi (2021)** avec le lait cru est influencée par la variation de pH et de température avec PCM.

III.2.2.2. Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation 2

Pour la formulation F2, la valeur de p du coefficient de régression b_1 , b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de pH et température. De plus la régression b_{11} présente une valeur de p , inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet quadratique significatif de pH sur la formulation 2 avec PCM.

La coagulation de la formulation 2 avec du lait pasteurisé est affectée par la variation de la température et la variation de pH, c'est le même résultat a comparé par **Ammari et Saighi (2021)** avec le lait cru.

III.2.2.3. Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation 3

Pour la formulation F3, la valeur de p du coefficient de régression b_2 a été inférieure à 0.05, donc on peut dire qu'il y a un effet significatif linéaire de la température. De plus la régression b_{11} présente une valeur de p , inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet un effet quadratique significatif de pH sur la formulation 3 avec PCM.

La coagulation de la formulation 3 avec du lait pasteurisé est affectée par la variation de la température et la variation de pH, a comparé par les résultats **Ammari et Saighi (2021)** avec le lait cru est influencée par la variation de pH et de la température avec PCM.

❖ Points optimums

Après l'optimisation de la coagulation, le (tableau N°15) présente les points optimums obtenus

Tableau N°15 : présente les points optimums de la coagulation

Formulation	F1	F2	F3
Coagulation	pH=6.15/T°=6.15	pH=6.16/38.72	pH=5.75/41.03

III.2.3. Graphiques de surface de réponse de la coagulation des trois formulations avec la présure cameline

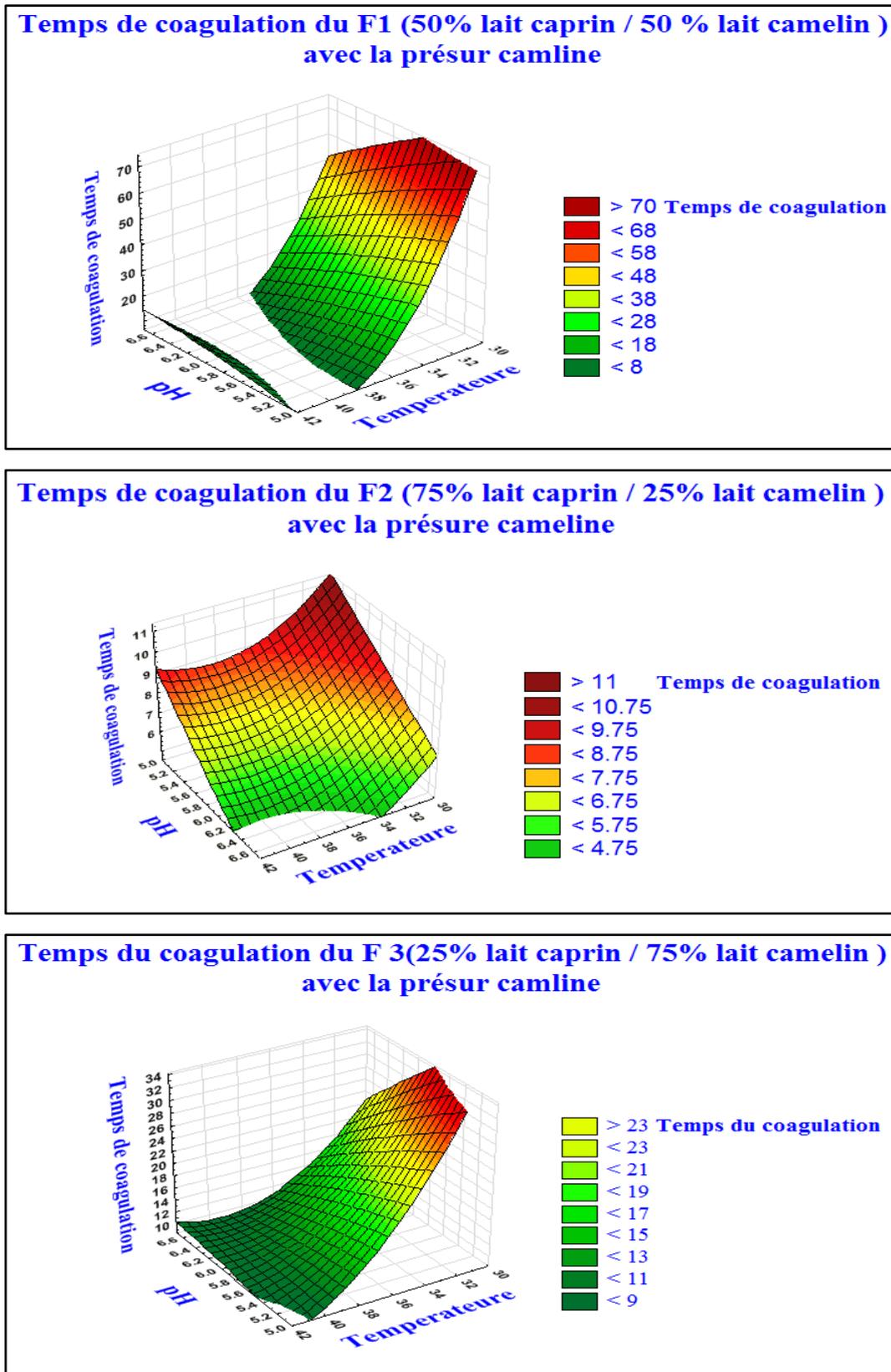


Figure 15 : Graphique de surface de réponse du temps de coagulation du lait mélange (lait cameline et le lait caprin) des trois formulations avec la présure cameline

IV. Fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique (validation des résultats de l'optimisation)

Le tableau N°16 présente les résultats du rendement de fabrication fromagère pour les trois formulations formées à partir de lait pasteurisé mélangé avec différents pourcentages de lait camelin et lait caprin avec présure cameline, comparé à **Ammari et Saighi (2021)** sur les mêmes formulations et la même présure avec le lait cru.

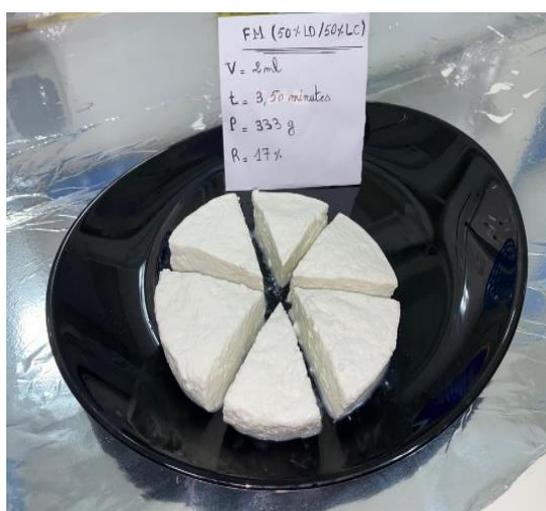
Tableau N°16 : Résultat du rendement de fabrication fromagère au lait pasteurisé.

Formulation	Rendement	Rendement (Ammari et Saighi, 2021)
F1	17%	10.5%
F2	19.3%	15.66%
F3	15%	13.56%

F1 (50% lait caprin /50%lait camelin), **F2** (75%lait caprin /25%lait camelin) et **F3** (25%lait caprin/75%lait camelin) avec présure camelin.

On a remarqué que les résultats de rendement des fromages avec du lait pasteurisé étaient élevés pour les trois formulations (figure 16), et les plus élevés dans **F2 = 19.3%**, qui contient un pourcentage plus élevé du lait caprin, par rapport à **Ammari et Saighi (2021)**, les résultats de rendement fromager étaient inférieurs pour les trois formulations avec du lait cru.

L'effet de la pasteurisation du lait sur le rendement de fabrication fromagère, C'était clair en augmentant le pourcentage de rendement dans toutes les formulations, en particulier ceux contenant plus du lait caprin.



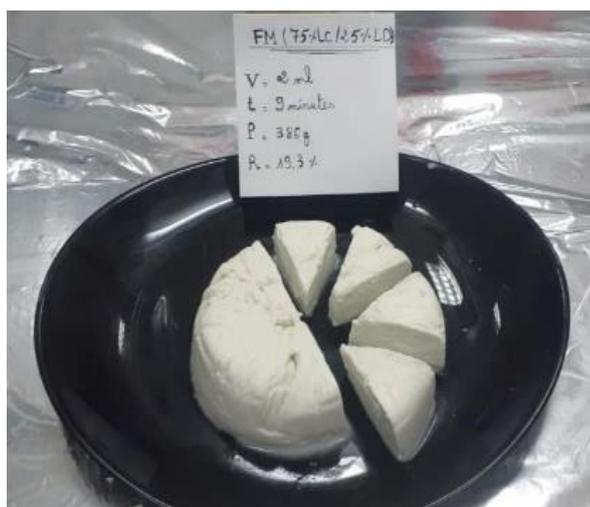


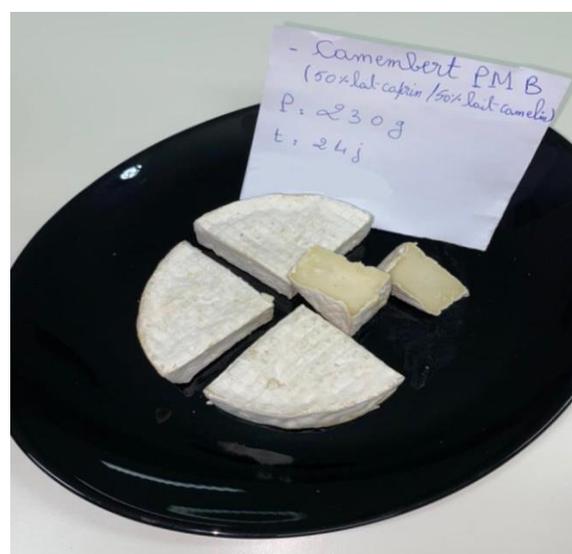
Figure 16 : Présente les trois formules de fromage frais à base de lait pasteurisé avec présure cameline.

V. Analyse sensorielle du fromage à pâte molle type camembert

Parmi les trois formulations fabriquées du fromage frais, on a choisi la formulation qui contient 50% lait camelin et 50% lait caprin pour la fabrication du camembert et leur caractérisation sensorielle avec la présure cameline en comparaisant avec le camembert produit avec la présure microbienne (figure17).



(A)



(B)

Figure 17 : Fromage à pâte molle type camembert produit avec la présure cameline (A) et la présure microbienne (B).

L'objectif de l'analyse sensorielle consiste à donner le profil sensoriel globale du camembert coagulé par présure cameline et comparé avec le camembert coagulé par présure microbienne. À travers un jury de dégustateur (20 personnes entre les étudiants et les enseignants).

- ❖ Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du camembert soit l'aspect de la surface, texture de la pâte, arôme, saveur et goût, appréciation globale du fromage (Annexe12/13).
- ❖ L'analyse sensorielle consiste à présenter à un dégustateur un échantillon de camembert (Annexe 14).

V.1. Aspect de la surface

Les différents attributs sensoriels de l'aspect de la surface sont représentés dans la (figure18).

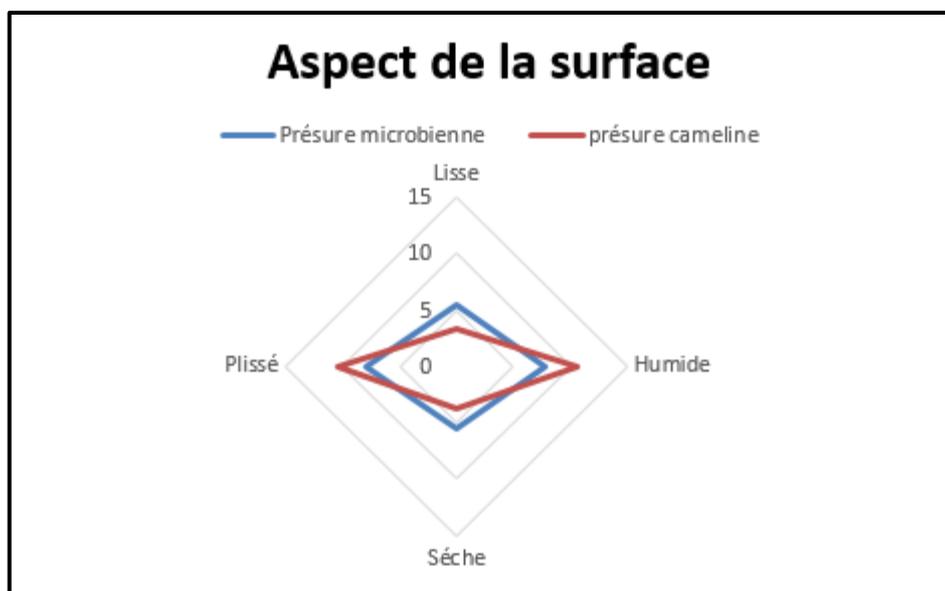


Figure 18 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Aspect de la surface).

Du point de vue de sa consistance, on note que l'aspect de la surface du camembert F1 avec présure cameline fortement humide (10.65 ± 2.19), et moyennement humide (7.8 ± 3.24) Par rapport à camembert du F2 avec présure microbienne, De plus le camembert F1 fortement plissé (10.45 ± 2.01) et moyennement plissé (7.9 ± 3.19) pour le camembert F2.

V.2. Texture de la pâte

Les différents attributs sensoriels de texture de la pâte sont représentés dans la (figure19)

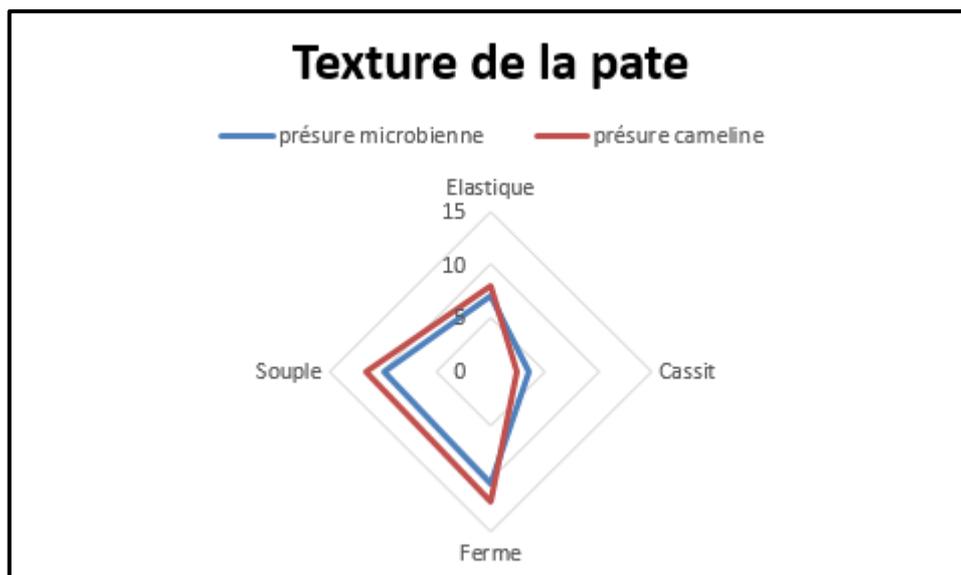


Figure 19 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Texteur de la pâte).

D'après les résultats montrent dans la figure 19, le camembert du F1 avec présure cameline à un texture fortement souple dans la bouche (11.65 ± 1.73), et moyennement souple (9.95 ± 3.44) par rapport le camembert F2 avec présure microbienne, De plus le camembert F1 fortement ferme (12.17 ± 1.98) et moins ferme (10.45 ± 3.42) pour le camembert F2.

V.3. Arôme

Les différents attributs sensoriels d'arôme sont représentés dans la (figure20)

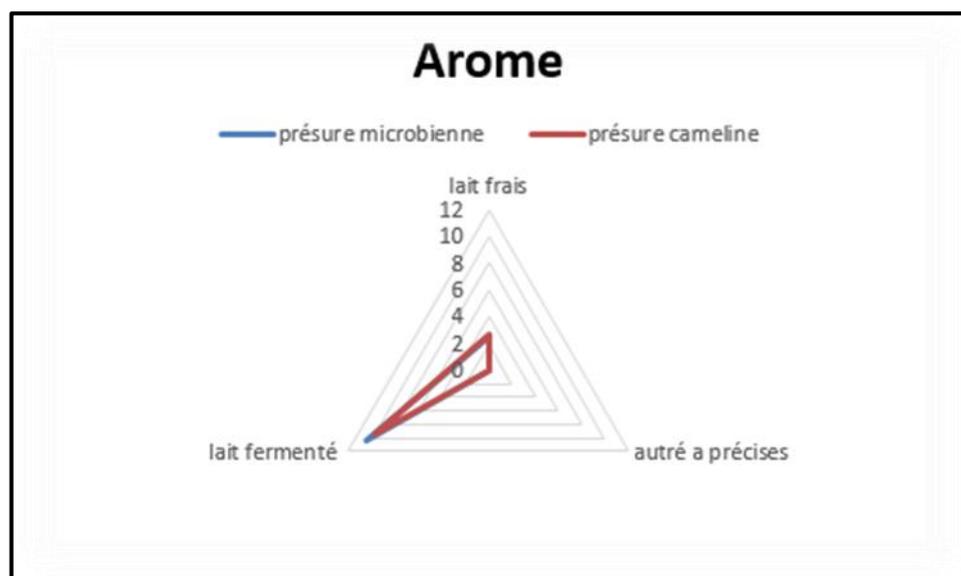


Figure 20 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Arome).

A partir de figure 20, l'Arome du camembert du F1 avec présure cameline à un moyennement fermenté (9.67 ± 3.4) Et fortement fermenté (10.4 ± 3.46) Par apport à camembert du F2 avec présure microbienne.

V.4. Saveurs/ Gout

Les différents attributs sensoriels de saveurs et gout sont représentés dans la (figure21)

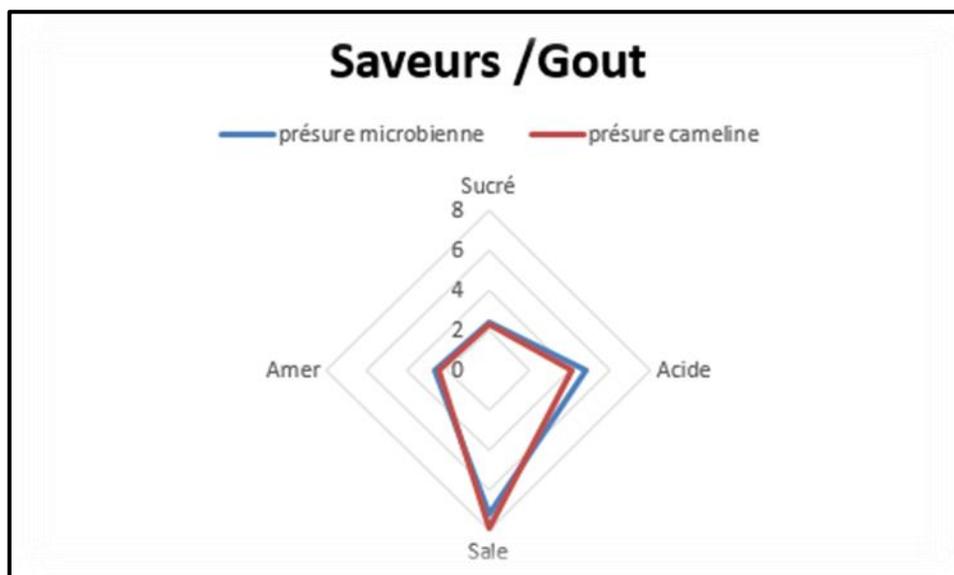


Figure 21 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Saveurs/Gout).

D'après les résultats montrent dans la figure 21, le camembert du F1 avec présure cameline à un gout faiblement acide (4.1 ± 3.91), par apport le camembert F2 plus acide (4.8 ± 3.15) avec présure microbienne.

V.5.Appréciation globale du camembert

De ces résultats d'analyse sensorielle, nous concluons que le camembert F1 avec présure cameline était le meilleur à une appréciation globale de **70 %** très bon et 30% bon, par apport le camembert du F2 avec présure microbienne a une appréciation globale de 25% très bon ,60% bon et 15% moyennement bon.



Conclusion

Conclusion

Le camembert est l'un des meilleurs types de fromage qui contient de grandes quantités de substances essentielles et de minéraux dont le corps a besoin, en plus du goût et de la saveur riches.

Cette étude consiste à la fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert à base de lait pasteurisé en mélange (50% lait camelin ; 50% lait caprin), et la réalisation des analyses sensorielles.

Ce travail nous avons permis de résultats des caractéristique physico-chimiques du lait de camelin et le lait caprin respectivement : pH ($7,06\pm 0,066$, $6,75\pm 0,65$), densité ($1,036\pm 0,001$, $1,029\pm 0,002$), matière grasse g/l ($6,75\pm 0,78$, $7,83\pm 4,73$), taux du protéines g/l ($3,72\pm 0,25$, $3,9\pm 0,65$) et lactose g/l ($5,59\pm 0,37$, $5,83\pm 1,00$).

Et aussi la caractérisation de la présure cameline, donnant une activité coagulante de $35,333\pm 3,055$ UP/ml et une force coagulante est égale à $1 / 952,38$ et une activité spécifique ($1,859$ UP/mg).

Les résultats de la modélisation de la réponse temporelle à la floculation et à la coagulation des trois formules F1 (50% LCP /50%LCM), F 2 (75%LCP/25%LCM), F 3(75%LCP/25%LCM) avec présure de caméline, ont peut donner les couples optimaux de la température et le pH pour la fabrication du fromage.

On peut dire que prendre les meilleurs points de pH et T°C pour faire du fromage à partir d'un mélange de lait camelin + lait caprin on a permis de produire du fromage à haute valeur nutritionnelle, de bon goût, d'excellent rendement et de pallier le problème de la difficulté de coagulation du lait camelin.

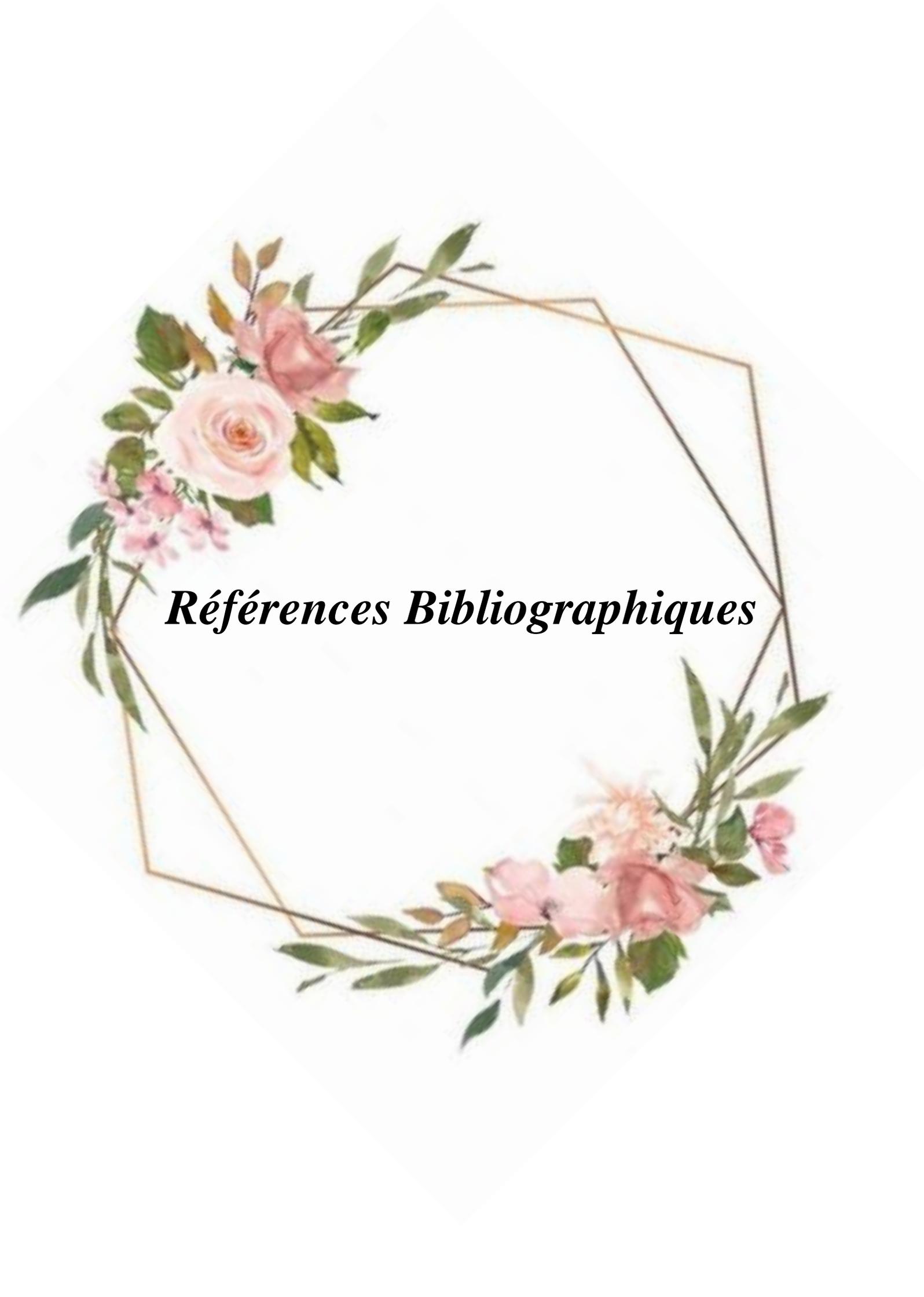
A été choisi F1 (50% lait de chamelle, 50% lait de chèvre) pour la production de fromage à pâte molle type Camembert utilisant la présure de chamelle par rapport à la présure d'origine microbienne, et les résultats de l'analyse sensorielle ont montré que le fromage à présure de cameline est très bon avec un pourcentage de 70% par rapport au fromage à présure d'origine microbienne.

L'optimisation ont permises de la possibilité d'obtenir des extraits enzymatiques capables de remplacer la présure commerciale dans la fabrication du fromage à partir des pratiques traditionnelles. Et c'est exploiter dans une certaine mesure les matériaux disponibles et inutilisables et d'obtenir des points optimaux pour une transformation optimale du fromage à pâte molle type camembert.

Néanmoins, il est intéressant de poursuivre ce travail, ainsi de nombreuses perspectives peuvent être retirées :

Conclusion

- La possibilité d'utiliser lait camelin et lait caprin avec la présure cameline pour la fabrication d'autres types du fromage.
- L'étude des caractéristiques physico-chimique et microbiologique du camembert.
- L'étude d'analyse rhéologique du camembert.
- L'étude le paramètre (CaCl₂) influençant l'activité de l'enzyme afin d'améliorer la qualité et le rendement ;



Références Bibliographiques

- A -

- **Abbas, S., Ashraf, H., Nazir, A., Sarfaz, L. (2013).** Physico-chemical analysis and composition of camel milk. The international research journal. Vol 2, Issue No 2, 83-98p.
- **Abiazar R. (2007).** Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de doctorat. Agro Paris Tech, 142p.
- **Adoui, F. (2007).** Extraction d'enzyme Coagulant le lait à partir de pro ventricules de poulet. Thèse de magister. Université de Mentouri, Constantine. 64p.
- **AFNOR. (1986).** Contrôle de qualité des produits laitiers. 3^{ème} Ed.
- **AFNOR. (1995).** Analyse granulométrique: méthode par tamisage à sec après lavage. Normalisation Française. 56-94p.
- **AFNOR. (1995).** Contrôle de la qualité des produits alimentaires –Analyse sensorielle, 5^{ème} édition, ISBN. 400p.
- **Aissaoui- zitoun, O. (2014).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnelle algérien « Bouhezza ». Thèse de Doctorat. Université de Constantine. 5p.
- **Al Kanhal, H. A., & Al haj, O. A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. International Dairy Journal. 20(12). 811-821.
- **Alais, C. (1974).** Principes des techniques laitières science du lait. 3^{ème} édition, Paris. 513p.
- **Alais, C., & Linden, G. (1997).** Abrégé de biochimie alimentaire. 4^{ème} Edition Masson. Paris 248P. Paris, 119-123p.
- **Alais. (1984).** Sciences du lait : Principes des techniques laitières. 4^e éd Paris: SEPAIC, 814p.
- **Alamareot, J. (1982).** Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaire, édition du point vétérinaire-Alfort, 289,1982p.
- **Amiar, M., Baiche, L. (2015).** Influence du rapport gras/sec sur le rendement final d'un fromage à pâte molle type camembert Fabriqué à la laiterie Draa Ben Khedda. Thème de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 94p.
- **Amimour, M. (2019).** Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (jben et klila). Thèse de Doctorat. Université de Mostaganem- Abdelhamid Ibn Badis.
- **Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002).** Composition propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et

techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L. Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, 600p.

- **Ammari, F. Z., & Saighi, M. (2021).** Optimisation des paramètres du coagulation et essai de la fabrication de fromage frais à base de lait en mélange lait camelin et lait caprin par présure cameline. Thème de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED. 126p.
- **Amroune, M. (2019).** Substitution de la présure animale par un autre coagulant d'origine végétale (chardon de marie, silybum marianum)(essai de coagulation sur différents lait). Thème de Master. Université Abdelhamid Ben badis Mostaganem. 32p.
- **AnGR, C. N. (2003).** Rapport national sur les ressources génétiques animales. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, Algérie/FAO, Italie.
- **Arroum, S., Zmouli, K., Gaddour, A., & Khorchani, T. (2016).** Etude comparative de caractéristique physico chimique et microbiologique du lait caprin en fonction du mode d'élevage.

- B -

- **Barrionnuevom., Alferez, M. J. M., Lopez, A. I., Sanz, S. M. R., & Campos, M. S. (2001).** Beneficial effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. Journal of Dairy Science, 85, 657-664p.
- **Belhamiche, N. (2005).** Extraction, purification et caractérisation de la coagulase de *Mucor pusillus*. Thèse de Doctorat, INA.
- **Ben Aissa, R. (1989).** Le dromadaire en Algérie. Option Méditerranéennes- Série Muséum national d'histoire naturelle Paris Séminaire-2:19-28p.
- **Ben Yahia, F. (2013).** Extraction de la pepsine et utilisation dans la coagulation du lait en vue d'une valorisation des proventricules de volailles au profit de la filière lait en Algérie. Thèse de Doctorat, Université Constantine. 10-13p.
- **Benguedouz, A. (2020).** Authentification et variabilité des fromages à pâtes molles type Camembert: influence du stade physiologique de la vache laitière. Thèse de Doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 149p.
- **Benhamadouche, Y., & Nesnas, A. (2019).** Extraction et caractérisation des extraits coagulants issus de caillettes de dromadaires adultes et non sevrés. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- **Benkrizi, N. (2018).** Caractérisation biochimique et microbiologique des laits de chèvre : variabilité saisonnière et aptitudes technologiques. Thèse de doctorat .université de Mostaganem. Algérie.

- **Berodier, F., Lavanchy, P., Zannoni, M., Casals, J., Herrero, L., & Adamo, C. (2003).** Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semidure. /11/05 miguidef.doc. Version abrégée, 26p.
- **Bey, D., & Laloui. (2005).** Les teneurs en cuire dans les poils et l'alimentation des chèvres dans la région d'El kantra (W. Biskra). Thèse de Doctorat. Université de Batna. 160p.
- **Boudjenah, S. (2012).** Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produit divers : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mameri.
- **Boudjenah-Haroun, S., L. Laleye, C. S. Chahra, F. Moulti-Mati, S., Si Ahmed., & A. Mati. (2012)** .Coagulation of camel milk using dromedary gastric enzymes as a substitute of the commercial rennet. *Am. J. Food tech.* 7, 409-419p.
- **Boudjenah-Haroun, S., L. Laleye, F. Moulti-Mati, S. Si Ahmed, N. Mahboub, O. E. Siboukeur., & Mati, A. (2011).** Comparative study of milk clotting activity of crude gastric enzymes extrated from camels' abomasum at different ages and commercial enzymes (rennet and pepsin) on bovine and camel milk. *Emir. J. Food Agric.* 23(10), 301-310p.
- **Boughellout, H. (2007).** La coagulation du lait par la pepsine du poulet. Université Mentouri Constantine.
- **Bouguerra, A. (2021).** Evaluation du potentiel probiotique des souches lactiques isolées à partir du lait de chamelle. Thèse de Doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif 1.
- **Boulousa, O., & Mahmoudi, K. (2020).** Essai de fabrication du dromadaire et de lait de chèvre par deux agents coagulants. Thème de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED. 121p.
- **Boumediene, F. (2013).** Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de caprin. Aptitude à la coagulation. Mémoire de Magister en science agronomique. ENSA El Harrache – Alger.
- **Brule, G., Lenoir, J., & Remeuf, F. (1997).** La micelle de caséine et la coagulation du lait in: *Le Fromage*. Ed., A. Eck, 3ème Ed., Technique Et Documentation Lavoisier. Paris.741, 891p.

- C -

- **Chethouna, F. (2011).** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse de Magister. Université Kasdi Merbah Ouargla.

- **Chibah, A. (2011)** .Extraction et caractérisation électrophorétique des protéines membranaires du globule gras du lait de chamelle, Thèse de Magister. Université Oran.
- **Collin, J.C., Grappin, R., & Legreat, Y. (1977)**. Etude de la méthode de mesure, selon BERRIDGE, du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique. Revue Laitière Française, 355, 389-394p.

- D -

- **Dahou. (2017)**. Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industriel à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ses aptitudes technologiques. Thèse de Doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- **Dagleish, D.G. (1997)**. The Enzymatic coagulation of milk. In Advanced Dairy Chemistry V1 Proteins. P.F. Fox Blackie and son Ltd. 579-619p.
- **Debouz, A., GUERGUER, L., OUDJANA, A., & HADJ SEYD, A. (2014)**. Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes. 7(2). 57-64p.
- **Dekkiche, Y. (1987)**. Etude des paramètres zootechniques d'une race caprine améliorée (alpine) et deux populations locales (Mekatia et Arbia) en élevage intensif dans une zone steppe, Thèse de Doctorat. INA, El-Harrach, 120p.
- **Deliat, D. (1997)**. Recherche expérimentale de listeria dans les fromages de chèvre. La qualité bactériologique des fromages et les mesures de prévention. Thèse de doctorat. Université de LIMOGES.
- **Dhartiben, B., Darshna, B., Bhavbhuti, M., & Kishorkumar, D. (2016)**. Comparison of Surti goat milk with cow and buffalo milk for gross composition, nitrogen distribution, and selected minerals content. Veterinary World, vol. 9 (7), 710p.
- **Diouf, L. (2004)**. Etude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans les niayes (SENEGAL). Thèse de doctorat, Uviversite CHEKH ANATA DIOR de DAKAR. 45p.
- **Doyon, A. (2005)**. Influence de l'alimentation sur la composition de lait de chèvre : revue des travaux récents ; colloque sur la chèvre, CRAAQ, Canada.

- *E* -

- **Eck, A. (1990).** Le fromage. 3eme Edition Techniques et Documentation Lavoisier. Paris. P.539
- **Eck, A., & Gillis, J.C. (2006).** Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.
- **Eck, A., Gillis, J.C. (1997).** Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité. 3eme Edition Techniques et Documentation Lavoisier. Paris, 891p.
- **El-Agamy, E. I., Nawar, M., Shamsia, S. M., Awad, S., & Haenlein, G. F. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children?. Small Ruminant Research, 82(1), 1-6p.
- **EL-HATMI, H., JRAD, Z., SALHI, I, AGUIBI, A, NADRI, A., KHORCHANI, T., (2015).** The composition and whey protein fractions of the human milk, Mljekarstvo 65 (3), 159-167p.
- **Ernstrom, C.A. (1983).** Milk clotting enzymes and their action in fundamentals of dairy chemistry. Webb B.H., AH. Johnson and J.A. Alford. The Avi Publishing Company Inc. 2nd Edition. 663-718p.

- *F* -

- **FAO. (1995).** Lait et produit laitier dans la nutrition humaine, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 269p.
- **FAO. (2002).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5: laits fermentés. Collection FAO / Alimentation et Nutrition. 28,7p.
- **Farah, Z. (1993).** Composition and characteristics of camel milk. Journal of Dairy Research. 603-616p.
- **Faye, B., Konuspayeva, G., Narmuratova, M., & Loiseau, G. (2008).** Comparative fatty acid gross composition of milk in Bactrian camel, and dromedary J of Camelid, 48-53p.
- **Feknous, M. (1991).** Essai de caractérisation des systèmes d'élevage ovin à l'échelle de la 2wilaya d'echellif. Dèp. Zootechnicienne, INA. El-Harrach.
- **Feliachi, K. (2003).** Point focal algérien pour les ressources génétiques. Rapport National sur les ressources génétiques animales : Algérie. 29-30p.
- **Florian, (2012).** Le lait et sa coagulation. Thèse de doctorat.
- **Fonteneau, S. (1997).** Comment faire les fromages frais, fermente, affine. Restica. 100p.
- **Fox, P, F. (1993a).** Cheese: chemistry, physics and microbiology. Chapman and Hall Ltd, London. 257-302p.

- **Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2000).** Microbiology of cheese ripening. In *Fundamentals of cheese science*, 206-232p.
- **Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017).** *Fundamentals of cheese science*. 2eme edition.
- **Fox, P.F., Singh, T.R., & McSweeney, P.L.H. (1994).** Proteolysis in cheese during ripening. In *biochemistry of milk products* (ed. FOX.P.F.) The royal society of chemistry. 1-31p.
- **Fredot, E. (2009).** *Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Éd. Lavoisier.

- G -

- **García, V., Rovira, S., Teruel, R., Boutuial, K., Rodríguez, J., Roa, I., & López, M. (2012).** Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goat's cheese. *Dairy science & technology*, 92(6), 691-707p.
- **Gaucheron, F. (2004).** *Minéraux et produits laitiers*, Tec et Doc, Lavoisier. 783, 922p.
- **Goupy, J & Creighton. (2006).** *Introduction aux plans d'expérience*. 3ème édition technique et ingénierie: serie gestion industrielle. Donod, Paris. 324p.
- **Gourseaud, J. (1999).** Réacteurs enzymatiques à enzymes libres et à enzymes immobilisées, cas de l'industrie laitière : coagulation enzymatique du lait in *Biotechnologie* Scriban R. 5ème Edition Techniques et Documentation Lavoisier.
- **Graiday P., (1978).** Détermination de l'activité enzymatique d'extraits coagulants d'origine animale. *Revue du Technicien du lait*, 83;5-47p.
- **Green, M. L. Valler, M. J. Kay, J. (1984).** Assessment of the suitability for cheddar cheese making of purified and commercial chicken pepsin preparations. *Journal of Dairy Research*, 51: 331-340p.
- **Guegen, L. (1979).** *Cach. Nutr. Diét.* 14, 213-217p.
- **Guelmaoui, S. Abderahmani, H. (1995).** Contribution à la connaissance des races caprines algériennes (cas de la race M'ZAB), Thèse de doctorat. INA. El Harrach. Alger.
- **Guillou, H., Pelissier, J. P. Grappin, R. (1976).** Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. *Le Lait*, 66, 143-175p.

- *H* -

- **Haddadin, M. S. Y., Gammoh, S. I., & Robinson, R. K. (2008).** Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research*, 75 (1), 8-12p.
- **Hamidi, M. (2014).** Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier des poules. Thèse Doctorat. Université mohamed khider, Biskra.
- **Hamrani, L. (2008).** Étude comparative de deux protéases coagulant le lait, extraites de pro ventricules de poulet (*Gallus gallus*) et d'estomacs de limon (*Seriola sp.*). Thèse de Doctorat. Institut national agronomique El Harrach, Alger.
- **Hellal, F. (1986).** Contribution à la connaissance des races caprines algériennes: Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord. Thèse de Doctorat. INA, El Harrach.
- **Herbert S. A., Riaublanc B., Bouchet D., Gallant J., & Dufour E., (1999).** Fluorescence spectroscopy investigation of acid or rennet-induced coagulation of milk. *J Dairy Sci* 82; 2056 – 2062p.
- **Herbert, S., Riaublanc, A., Bouchet, B., Gallant, D.J., & Dufour, E. (1999).** Fluorescence spectroscopy investigation of acid-or rennet-induced coagulation of milk. *Journal of Dairy Science*, 82(10), 2056-2062p.
- **Horne, D.S. (1998).** Casein interaction: casting light on the black boxes, the structure in dairy products. *Int. Dairy Journal* 8, 171-177p.
- **Huppertz, T., Upadhyay, V.K., Kelly, A.L., & Tamime A.Y. (2006).** Constituents and Properties of Milk from Different Species. *Brined Cheeses*. Edited by Dr Adnan Tamime. Blackwell Publishing Ltd. 1-34p.

- *J* -

- **Jacob, M., Jaros, D., & Rohm, H. (2011).** Recent advances in milk clotting enzymes. *International journal of dairy technology*. 64(1):14-33p.
- **Jenot, F., Bossis, N., Cherbonnier, J., Foulland, C. Guillon, M. P. Lauret, A. Letourneau, P., Poupin, B., & Reveau, A. (2000).** Les taticx de lait de chèvre et leur variation. Ed, L'Eleveur de Chèvres, n7, 10p.
- **Jilo, K., & Tegegne, D. (2016).** Chemical Composition and Medicinal Values of Camel Milk. *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)*, 4(4), 13–25p.

- **Jouhannet, P. (1992).** Le lait de chèvre: Un produit d’Avenir. Thèse de doctorat. Université de LIMOGES. 120p.

- *ℵ* -

- **Kadi, S. A., Hassini, F., Lounas, N., & Mouhous, A. (2014).** Caractérisation de l’élevage caprin dans la région montagneuse de Kabylie en Algérie. 8th International Seminar FAO-CIHEAM Network on Sheep and Goats “Technology creation and transfer in small ruminants: Roles of research, development services and farmer associations, 451-456p.
- **Kate, J. (2018).** Cheese making made easy, Brie. Camembert. The Art of Cheese. LLC.
- **Kellil, S. (2015).** Purification et caractérisation d'une enzyme coagulante d'origine microbienne pour application en fromagerie. Thèse de doctorat, UMBB, 179p.
- **Knights, M., & Garcia, G. W. (1997).** The status and characteristics of the goat (*Capra hircus*) and its potential role as a significant milk producer in the tropics: a review. *Small Ruminant Research*, 26(3), 203-215p.
- **Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G., Narmuratova, M., Ivashchenko, A., Meldebekova, A., & Davletov, S. (2009).** Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 1. Effect of lactation stage. *Tropical animal health and production*. 42(3). 495-499p.

- *ℒ* -

- **Laithir, C. (2011).** Microflore du lait cru. Cnaol, 19- 20p.
- **Lamas, E. M., Barros, R. M., Balcão, V. M., & Malcata, F. X. (2001).** Hydrolysis of whey proteins by proteases extracted from *Cynara cardunculus* and immobilized onto highly activated supports. *Enzyme and microbial technology*, 28(7), 642-652p.
- **Laurent, S. (2015).** Le livre blanc du Camembert. Fliofactory. p 34.
- **Lecoq, R. (1965).** Manuel d’analyses alimentaires et d’expertises usuelles 2. Doin, Paris.
- **Lij, D., & Daligleish, G. (2006).** Mixed coagulation of milk – gel formation and mechanism, *J. Agric. Food Chem.* 54, 4687–4695p.
- **Liorente, B. E., Obregón, W. D., Avilés, F. X., Caffini, N. O., & Vairo-Cavalli, S. (2014).** Use of artichoke (*Cynara scolymus*) flower extract as a substitute for bovine rennet in the manufacture of Gouda-type cheese: characterization of aspartic proteases. *Food Chemistry*, 159, 55-63p.
- **Lorena, D., Carrera, A.P.M., Condor, A., Perez, J. N., Milton, J., & Guerrero, C. (2018).** Small-Scale Process for the Production of Kefiran through Culture Optimization by

Use of Central Composite Design from Whey and Kefir Granules by José Manuel Pais-Chanfrau.

- **Lorient, D., & Cayot, P. (2000).** La propriété techno fonctionnelle des protéines de lait. Les protéines laitières ; intérêts technologiques et nutritionnelles, 4^{ème} conférence européenne d'ARILAIT, Paris.
- **Lucey, J.A. (2002).** Formation and physical properties of milk protein gels. J. Dairy Sci. 8, 281-294p.
- **Luquet, M. (1985)** Lait ET produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. 1. Les laits. De la mamelle a la laiterie. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 884p.

- M -

- **Madani, T. (2000).** L'élevage caprin dans le nord-est de l'Algérie. Acte de la 7^{ème} Conférence Internationale sur les caprins, France.351-353p.
- **Mahaut, M. (2003).** Initiation à la technologie fromagerie techniques et documentation-Lavoisier. Paris. 194p.
- **Mahaut, M., Jeantet, R., Schuck, P. & Brule, G. (2000).** Les produits industriels laitiers. Technique Et Documentation Lavoisier. 26-40p.
- **Mahboub, N., Slimani, N., Siboukeur, O. & Mati, A. (2012).** Effet de la conservation sur l'activité enzymatique des extraits coagulants issus de caillette de dromadaires âgés préparé sans muqueuse Vol (2) 8-20p.
- **Mahboub, N., Tellili, A., Siboukeur, O., Boudjenah, S., & Slimani, N. (2010).** Contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin: étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines. 71-79p.
- **Manallah, I. (2012).** Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif. Thèse de Doctorat.107p.
- **Mathieu, J. (1998).** Initiation à la physico-chimie du lait. Techniques et Documentation Lavoisier. Paris, 220p.
- **McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., & Fox, P. F. (2004).** Diversity of cheese varieties: an overview. Cheese: chemistry, physics and microbiology, 2, 1-23p.
- **Medani, T., Yakhlef, H., Abbache, N. (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie, Les races bovines, ovines, caprines et camelines. Recueil des Communications Atelier. N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture». 44-51p.

- **Medjoudj, H., & Zidoune, M. N. (2018).** Contribution à l'étude pour la caractérisation du fromage traditionnel «Bouhezza» au lait de chèvre. Thèse de Doctoral dissertation. Université de Mentouri Constantine.
- **Medjour, A. (2014).** Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelusdromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif). Thèse de Magister. Université Mohamed Khider de Biskra.
- **Meguellati, A., Saadaoul, M., Kalli, S., Kanaun, M., Huguenin, J., Benidir, M., & Benmebarck, A. (2018).** Localisation et distribution spatiotemporelle des effectifs de dromadaires en Algérie.
- **Mehmet, M. (2003).** Cheese rheology and texture. CRC PRESS. USA.23-145p.
- **Meribai, A. (2010).** Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, El-Harrach, Alger.
- **Mietton, B. (1995).** Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. *Revue des ENIL*. 189. 19-27p.
- **Morge, S., Laithier, C., Le Mens, P., Binet, M., Huszak, N., Desbois, P., Brocheret, S., Lefrileux, Y., & Gäuzère, Y. (2004).** Guide d'appui technique pour l'accident de fromagerie à la ferme « Défauts d'acidification ». 43p.
- **Mouhous, A., Kadi, S. A., Berchiche, M., Djellal, F., Huguenin, J., & Alary, V. (2015).** Performances production and commercialization of milk in the goat farms in mountainous areas of Tizi-Ouzou (Algeria). In *FAO-CIHEAM Network for Research and Development in Sheep and Goats*. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM).115, 711p.
- **Mouhous, A., Kadi, S.A., Berchiche, M., Djellal, F., Huguenin, J., & Alary, V. (2016).** Performances de production et commercialisation de lait dans les exploitations caprines en zone montagneuse de Tizi-Ouzou (Algérie).

- *N* -

- **Neelakantan, S., Shahani, K. M., & Arnold, R. G. (1971).** Lipases and flavor development in some Italian cheese varieties. *Journal Food Production Development*. 5. 52-58p.

- **Nouani, A., Dako, E., Morsli, A., Belhamiche, N., Belbraouet, S., Bellal, M. M., & Dadie, A. (2009).** Characterization of the purified coagulant extracts derived from Artichoke Flowers (*Cynara scolymus*) and from the Fig Tree Latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *J. Food Technol*, 7(1), 20-29p.

- O -

- **Olson, N, F. (1990).** The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor. *FEMS Microbiol Lett* 87, 131–147p.
- **Ouadghiri, M. (2009).** Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés «Lben» et «Jben» d'origine marocaine. UNIVERSITÉ MOHAMMED V –AGDAL.132p.
- **Oudjana, H., & Aek, H. S. (2014).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. *Revue El Wahat pour les Recherches et Etudes*. 7(2). 57-64.

- P -

- **Pedro. (1952).** L'élevage en basse Kabylie. *Rev. Élevage et cult en Afrique du Nord*, 17p.
- **Pougheon, S., & Goursaud, J. (2001).** Le lait : caractéristiques physicochimiques, In : DEBRY G. *Lait, nutrition et santé. Techniques et Documentation*, Paris, 544p.
- **Prados, F., Pino, A., & Fernández-Salguero, J. (2007).** Effect of a powdered vegetable coagulant from cardoon *Cynara cardunculus* in the accelerated ripening of Manchego cheese. *International journal of food science & technology*, 42(5), 556-561p.

- R -

- **Rahmeh, R., Alomirah, H., Akbar, A., & Sidhu, J. (2019).** Composition and properties of camel milk. *Milk production, processing and marketing*. In tech Open.
- **Ramet, J.P. (1997b).** L'égouttage du coagulum in « Le fromage », **Eck, A. & Gillis, J.C.** (coordonnateurs). 3ème édition *Technique et Documentation Lavoisier*. p p .42, 60- 891p.
- **Rao, M. B., Tanksale, A. M., Ghatge, M. S., & Deshpande, V. V. (1998).** Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and molecular biology reviews*, 62(3), 597-635p.
- **Remeuf, F., Lenoir, J., & Duby, C. (1989).** Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, 69, 499-518p.

- **Renane, F., & Saadi, C. (2010).** Influence de la concentration des sels de fonte sur la qualité physicochimique et organoleptique du fromage fondu. Mémoire de Master. Université M'Hamed Bougera, Boumerdès, 96p.
- **Roudj, S., Bessadat, A., & Karam, N. E. (2005).** Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest Algérien. Renc. Rech. Ruminants, 12p.
- **Roux, E. (2006).** Sécurité sanitaire liée à la consommation de fromage. Thèse Doctoral. Université de NANTES. 96p.

- 5 -

- **Sahraoui, H., Madani, T., & Kermouche, F. (2016).** Le développement d'une filière lait caprin en régions de montagne: un atout pour un développement régional durable en Algérie. Options Méditerranéennes. The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organization of the industry, marketing strategies, feeding and production systems. 115, 677-681p.
- **Sahraoui, H., Mamine, F., & Madani, T. (2019).** Chaines de valeur caprines en Algérie. Propositions pour s'adapter aux mutations en vue d'un développement durable .options Méditerranéennes : Innovation for sustainability in sheep and goats. 123, 287-291p.
- **Schmidt, L. (1982).** Association of caseins and casein micelle structure. In: Developments of dairy chemistry 1-proteins. Applied science publishers. 61-86p.
- **Sebaa, A. (1992).** Le profilage génétique visible de la chèvre de la région de Laghouat, Thèse de doctorat, Blida. 48p.
- **Senoussi, C. (2011).** Les protéines sériques du lait camelin collecté dans trois régions du sud algériens: essais de séparation et caractérisation de la fraction protéose peptone. Thèse de Magister, université Mouloud Mammeri.
- **Shah, M. A., Mir, S. A., & Paray, M. A. (2014).** Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheese making: a review. Dairy science & technology, 94(1), 5-16p.
- **Shahein, M., Hassanein, A., & Zayan, F. (2014).** Evaluation of Soft Cheese Manufacture from Camel and Buffalo Milk. World Journal of Dairy and Food Sciences 9 (2), 213-219p.
- **Siboukeur, A., & Siboukeur, O. (2012).**-Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecte localement en comparaison avec le lait bovin, Annales des Sciences et Technologie, université Kasdi Merbah, Ouargla. 104p.

- **Siboukeur, O. (2007).** Etude du lait camelin collecté localement: caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat. Université INA El-Harrach Alger Algérie.
- **Sicard, M. (2010).** Méthodes, concepts et outils des systèmes complexes pour maîtriser les procédés alimentaires. Application à l'affinage de camemberts. Thèse de Doctorat. Dissertation, Agro Paris.
- **Siddig, S., Sulieman Abdel Moneim , E., Salih Zakaria, A., Abdelmuhsin, A. (2016)** Quality Characteristics of White Cheese (Jibna-beida) Produced Using Camel Milk and Mixture of Camel Milk and Cow Milk International Journal of Food Science and Nutrition Engineering 2016, 6(3): 49-54p.
- **Singh, R., Mal, G., Kumar, D., Patil, N. V., & Pathak, K. M. L. (2017).** Camel milk: An important natural adjuvant. Agricultural research, 6(4), 327-340p.
- **Smail, R., Rachek, S., Siboukeur, O. K., & Mati, A. (2002).** Comportement électrophorétique des protéines du lait camelin collecté dans deux régions du sud algérien Ouargla et Tamanrasset. Actes du 26ème Congrès Mondial de Laiterie, Paris. 24-27p.
- **Souid, W. (2011).** Effet des bactériocines (type nisine) produites par une souche lactique isolée à partir du fromage camelin, sur une souche psychrotrophe. Thèse de magister d'Université d'Ouargla, 39, 42-44p.
- **St-Gelais, D., Baba Ali, O., & Turcot, S. (2000).** Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation, [en ligne]. Site du ministère de l'agriculture et agroalimentaire du Canada.

- *T* -

- **Takoucht, A. (1998).** Essai d'identification de la variabilité génétique visible des populations caprines de la Vallée de M'ZAB et des Montagnes de l'ZHAGGAR. Thèse de Doctorat. Blida, 52p.
- **Talantikite, K.S. (2015).** Purification et caractérisation d'une enzyme coagulant d'origine microbienne pour application en fromagerie. Thèse de doctorat.
- **Titaouine, M. (2006).** Considération zootechniques de l'élevage du dromadaire dans le Sud-est Algérien influence du sexe et de la saison sur certains paramètres sanguins. Thèse de Magister. UEL Hadj Lakhdar Batna .32p.

- V -

- **Veinoglou, B., Baltadjieva, M., Kalatzopoulos, G., Stamenova, V., & Papadopoulou, E. (1982b).** La composition de lait de chèvre de la région de Plovdiv et en Bulgarie et de Ioninna en Grèce. *Lait*, 65, 155-165p.
- **Veisseyre, R. (1975).** Technologie du lait-Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La maison rustique. Paris.2-32p.
- **Vierling, E. (2008).** Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques. Doi. Paris. 277p.
- **Vivier, S. (2002).** Stratégies d'optimisation par la méthode des Plans d'Expériences, et Application aux dispositifs électrotechniques modélisés par Eléments Finis. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et Technologies de Lille.

- W -

- **Walter, H. E., Hargrove, R. C. (1972).** Cheeses of the World. International Dairy Federation, Brussels, 9–20p.
- **Wangoh, J. Farah, Z. Puhani, Z. (1993).** Extraction of rennet and its comparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft* 1993; 48: 322-5p.

- Y -

- **Yamamoto, A. (1975).** Proteolytic enzymes in Enzymes in food processing 2nd Edition, Reed G. Academic press.

- Z -

- **Zaddem, M. (2014).** Application de la méthode des surfaces de réponse pour l'optimisation du blanchiment du son de blé par du peroxyde d'hydrogène et son incorporation dans une farine de pain, Mémoire. Canada.110p.
- **Zibae, S., Hosseini, S., Yousefi, M., Taghipour, A., Kiani, M. A., & Noras, M. R. (2015).** Nutritional and Therapeutic Characteristics of Camel Milk in Children: A Systematic Review. *Electronic physician*, 7(7), 1523–1528p.



Annexe

- Annexe N° 1 : Préparation substrat

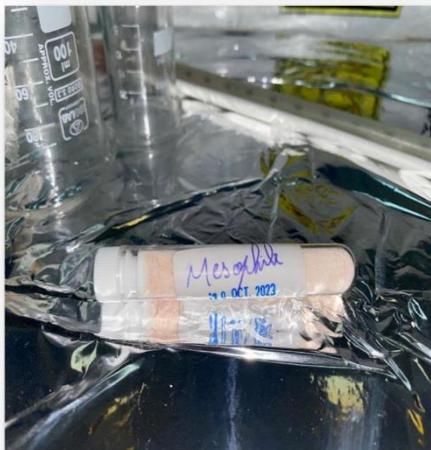
de Berridge



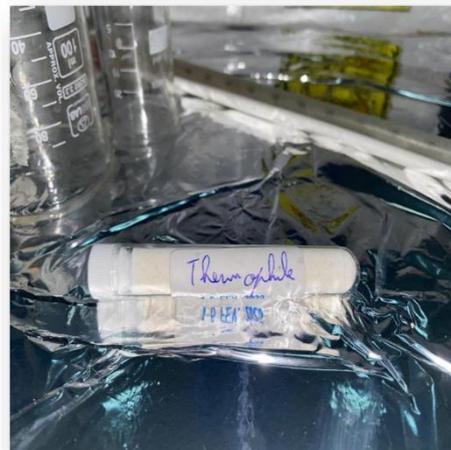
- Annexe N° 2 : présure microbienne



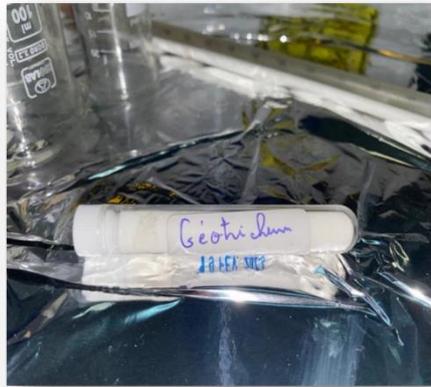
- Annexe N° 3 : Ferments



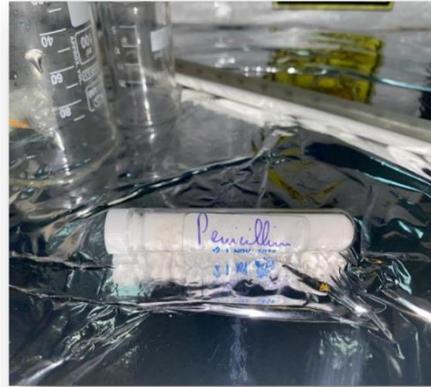
Mésophile



Thermophile

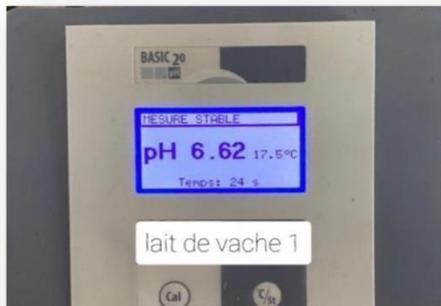


Géotrichum



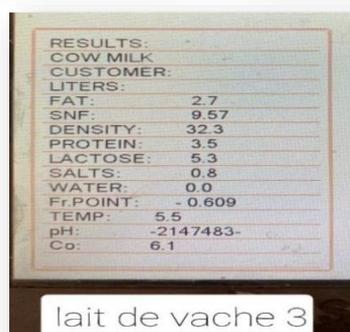
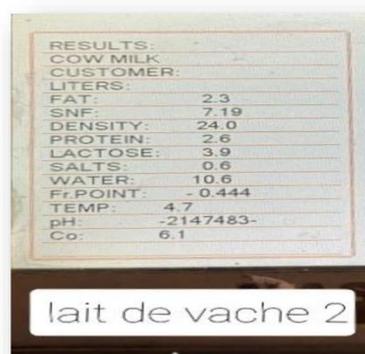
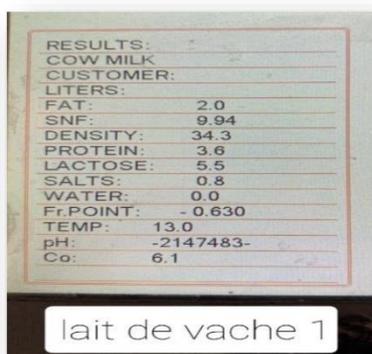
Pénicillium

- Annexe N° 4 : Paramètres physico-chimiques du lait





Détermination de pH



RESULTS:	
SHEEP MILK	
CUSTOMER:	
LITERS:	
FAT:	13.3
SNF:	12.50
DENSITY:	30.4
PROTEIN:	4.6
LACTOSE:	6.9
SALTS:	1.0
WATER:	0.0
Fr.POINT:	-0.988
TEMP:	13.3
pH:	-2147483-
Co:	6.1

lait de chèvre 1

RESULTS:	
SHEEP MILK	
CUSTOMER:	
LITERS:	
FAT:	5.2
SNF:	10.32
DENSITY:	31.0
PROTEIN:	3.8
LACTOSE:	5.7
SALTS:	0.8
WATER:	0.0
Fr.POINT:	-0.716
TEMP:	10.5
pH:	-2147483-
Co:	6.1

lait de chèvre 2

RESULTS:	
SHEEP MILK	
CUSTOMER:	
LITERS:	
FAT:	5.0
SNF:	8.96
DENSITY:	26.4
PROTEIN:	3.3
LACTOSE:	4.9
SALTS:	0.7
WATER:	0.0
Fr.POINT:	-0.611
TEMP:	11.4
pH:	-2147483-
Co:	6.1

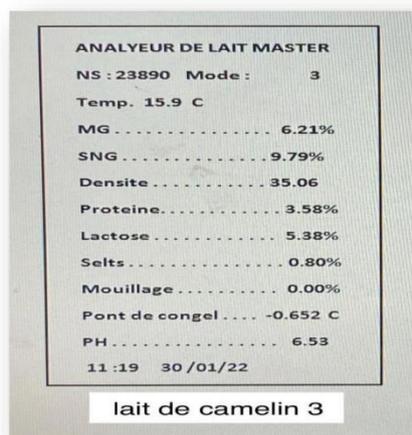
lait de chèvre 3

ANALYEUR DE LAIT MASTER	
NS:23890 Mode:	1
Temp.	14.9 C
MG.....	7.65%
SNG.....	10.98%
Densite.....	38.30
Proteine.....	4.02%
Lactose.....	6.03%
Selts.....	0.89%
Mouillage.....	0.00%
Pont de congel.....	-0.755 C
PH.....	6.69
11:05	30/01/22

lait de camelin 1

ANALYEUR DE LAIT MASTER	
NS:23890 Mode:	2
Temp.	14.7 C
MG.....	6.39%
SNG.....	9.77%
Densite.....	34.86
Proteine.....	3.58%
Lactose.....	5.37%
Selts.....	0.80%
Mouillage.....	0.00%
Pont de congel.....	-0.652 C
PH.....	6.45
11:11	30/01/22

lait de camelin 2



Détermination les parametres, matiere grass, densité, protéine,
lactose

- Annexe N° 5 : Extraction des enzymes coagulants



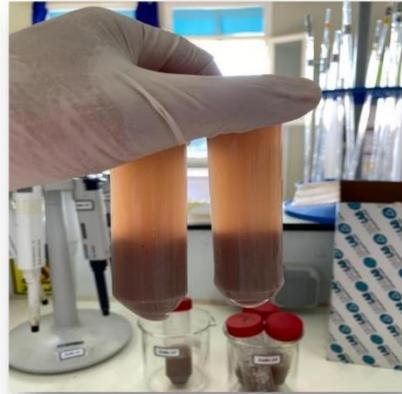
Découpages en tranches 1cm²



Macération Na C 16% (1:10 P/V)
+ acide borique 2%



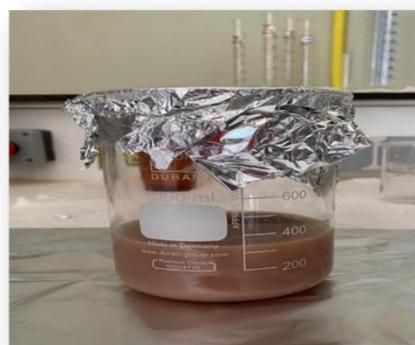
Filtration



Centrifugation (1500 t/min pendant 15min)



Extrait tenu à 25°C (24 h pour)
par **HCl 1N**



Ajustement du PH de 5,5 à 4,7
l'activation des zymogènes



Ajustement du pH de 5,5 par
NaOH 1N



Centrifugation (1500 t/min
pendant 15 min)

- Caractéristiques des extraits enzymatiques

- **Annexe N° 6** : Activité coagulante
(Temps de floculation)

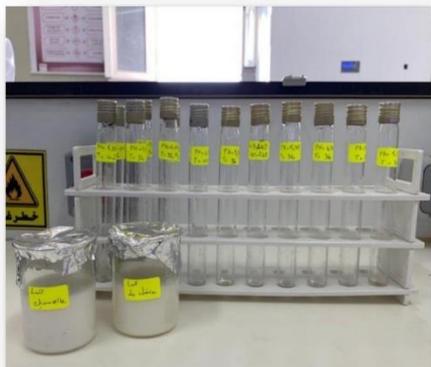
Annexe N° 7 : Temps de coagulante



- **Annexe N° 8** : Force coagulante



- Annexe N° 9 : Optimisation enzymatique du lait mélange



Préparer un mélange du lait de chèvre et du lait de camelin



Pasteurisation au bain-marie à 63°C



Ajuster le pH et la température au point optimal, puis ajouter la présure



Résultats obtenus à partir de l'optimisation enzymatique
(Coagulation et floculation)

- **Annexe N° 10** : Validation les étapes de la préparation du fromage frais



Pasteurisation au bain-marie à
63°C



Mélange du lait Filtré



Ajustement du
pH



Addition CaCl_2 et salage



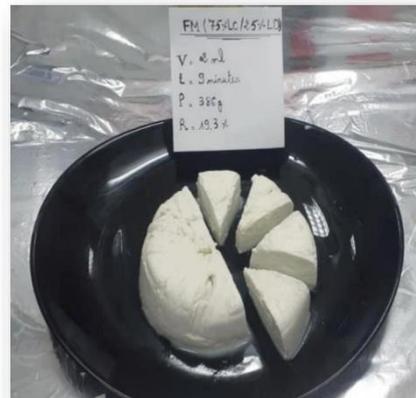
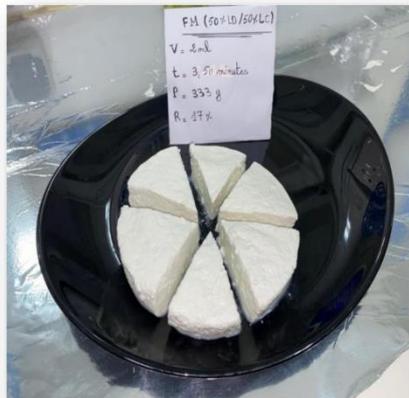
Ajuster la température au point
optimal, puis ajouter la présure



Coagulation du lait



Egouttage



F1 (50% LD/50% LC)

F2 (25%LD/75%LC)



F3 (75% LD/25% LC)

Les trois formules issues de la fabrication du fromage frais**- Annexe N° 11 : Fabrication fromage à pâte molle type camembert**

Pasteurisation au bain-marie à 63°C



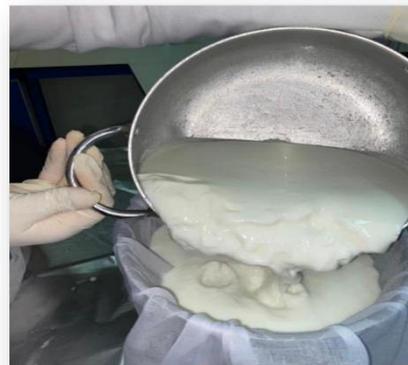
Addition les ferments et levures



Ajustement du pH



Ajuster la température et ajouter la présure



Coagulation du lait



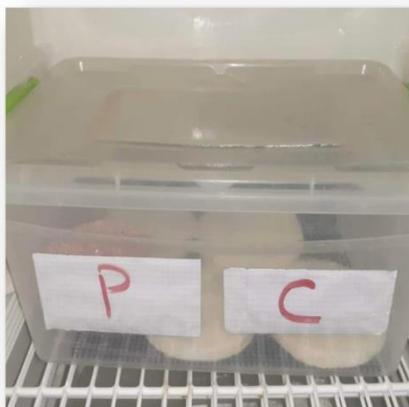
Egouttage



Retournement 4 fois pendant 24 h

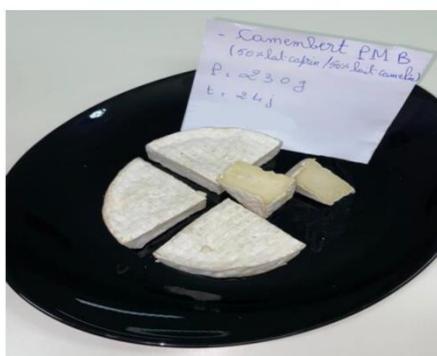


Salage pendant 30min



Affinage 10_15 jours

Séchage dans une salle (13_14 C°)



F1 (50% LD/50% LC) avec les présures microbiennes

F2 (50% LD/50% LC) avec les présures cameline

Les deux formules issues de la fabrication de fromage de type camembert

- Les analyses sensorielles du fromage de type camembert

- **Annexe N° 12** : Le fiche d'analyse sensorielle d'un fromage camembert avec présure cameline

Analyse des descripteurs sensoriels d'un fromage camembert

Nom/ Prénom : _____ Promotion _____ Date : _____

Il vous est demandé d'évaluer les caractéristiques du fromage en donnant une note de 0 à 15 (Aspect/texture, Appréciation globale du fromage /Arôme, Goût) selon l'échelle et les caractéristiques proposées. Veuillez analyser les fromages par ordre. Model d'échelle :

0			5			10						15	

Aspect de la surface				
Fromage	Lisse	Plissée	Sèche	Humide
PCM				

Texture de la pâte				
Fromage	Élastique	Souple	Ferme	Cassit
PCM				

Arome			
Fromage	Lait frais	Lait fermenté	Autre a précises
PCM			

Saveur / Gout				
Fromage	Sucré	Amer	Sale	Acide
PCM				

Appréciation globale du fromage						
Fromage	Mauvais	Moyennement bon	Bon	Très bon	Riche en arôme (oui/non)	Durée de l'intensité dans la bouche
PCM						

PCM: Présure cameline

*Préciser en seconde l'intensité de (intensité faible) ≤ 3sec (intensité longue) jusqu'à ≥ 30sec

Merci pour votre collaboration

- **Annexe N° 13** : Le fiche d'analyse sensorielle d'un fromage camembert avec présure microbiennes

Analyse des descripteurs sensoriels d'un fromage camembert

Nom/ Prénom : _____ Promotion _____ Date : _____

Il vous est demandé d'évaluer les caractéristiques du fromage en donnant une note de 0 à 15 (Aspect/texture, Appréciation globale du fromage /Arôme, Goût) selon l'échelle et les caractéristiques proposées. Veuillez analyser les fromages par ordre. Model d'échelle :

0				5						10										15

Aspect de la surface				
Fromage	Lisse	Plissée	Sèche	Humide
PMB				

Texture de la pâte				
Fromage	Élastique	Souple	Ferme	Cassit
PMB				

Arome			
Fromage	Lait frais	Lait fermenté	Autre a précises
PMB			

Saveur / Gout				
Fromage	Sucré	Amer	Sale	Acide
PMB				

Appréciation globale du fromage						
Fromage	Mauvais	Moyennement bon	Bon	Très bon	Riche en arôme (oui/non)	Durée de l'intensité dans la bouche
PMB						

PMB : Présure microbienne

*Préciser en seconde l'intensité de (intensité faible) ≤ 3sec (intensité longue) jusqu'à ≥ 30sec

Merci pour votre collaboration

- Annexe N° 14 : Présentation de deux échantillons du camembert

