



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et 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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

**Optimisation de paramètres de
coagulation et fabrication de fromage frais à
base de lait camelin et du lait caprin avec la
présure ovine**

Présenté par :

- BEN AMARA Salsabil
- BEN AMARA Souhaila
- NEGHMOUCHE NACER Asma
- YAHIA Yousra

Devant le jury composé de :

Président : Mr.TLILI Mohammed Laid (M.C.B Université d'El-Oued)

Examineur : Mr.ZAATER Abdelmalek (M.C.B Université d'El-Oued)

Promoteur : Mme.BOURAS Biya (M.A.A Université d'El-Oued)

Année universitaire 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant très fort de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir. La force d'y croire le courage et la volonté la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever nos mains vers le ciel et de dire "Elhamdulillah Allah".

*Nous profitons le biais de ce mémoire pour exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Mme **Bouras Biya**, grâce à sa attention, ses recommandations et ses précieux conseils.*

*Nous désirons à remercier notre chef du département : **Tlili Mohammed Laid**.*

*Aussi nous adressons nos remerciements au chef de la faculté de la biologie : **M Zaater Abdelmalek** pour son acceptation et évaluer notre travail.*

*Nous remercions également tous ceux qui travaillent dans laboratoire en biochimie pour leur aides et en particulier Mme **Latifa**.*

Pour leurs conseils et le soutien qu'ils nous ont apporté tout en développant l'expérience de cette entreprise.

Nous adressons nos sincères remerciements à nos familles et amis, Grâce à leurs encouragements et à leur soutien inconditionnels, sans eux ce travail n'aurait pas avancé.

A toutes les personnes contribuant de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.



DEDICACE

J'aimerais dédier ce modeste travail à tous ceux dont le cœur vibre au rythme de mes succès, comme de mes échecs. la grande famille "Neghmouche Nacer"

Ma chère mère, c'est à vous que je dois tout. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Que dieu te garde pour moi !

Je dédie ce travail à : Mon cher père Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération.

A ma grande mère,

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

*A mon oncle **Mouhamed** Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites.*

A tous mes amis et collègues

Vous qui m'admirez tant, qui avez toujours été présents dans mes moments de faiblesse par votre soutien moral et vos belles surprises sucrées Surtout ma chère fulla .

Il est agréable de profiter cette occasion pour rendre hommage à tous ceux qui m'ont soutenu du prés ou loin

Profondément,

un grand merci

Asma



Dédicace

*Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du
courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie:*

*À la source de la tendresse, Ma chère mère pour sa gentillesse sa douceur, pour son affection, pour
les sacrifices qu'elle a fait, pour mon éducation et la confiance et l'amour qu'elle m'a toujours
accordés.*

*À mon très cher père, pour ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'étude dès le
premier pas jusqu'à ce jour-là.*

À mon soutien dans la vie, mon cher mari .

À mes chers frères et soeurs, je vous souhaite

Un avenir radieux plein de bonheur et de réussite.

Enfin, je tiens à remercier mes collègues: Asma ,Souhaila ,Yousra

Salsabil



Dédicace

À l'Éternel Dieu tout puissant ,le Clément, le miséricordieux; Louange et Gloire lui soit rendu, lui qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail.

À celle que le paradis sous ses pieds, la source de tendresse que son nom gravé dans mon cœur, à celle qui s'est changée la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions, à la personne la plus chère au monde ,ma mère "WAHTIBA " .

À l'homme, le don le plus précieux de dieu, qui m'a éclairé mon chemin et m'a appris le sens de la paternité ,mon cher père "MOHAMMED" .

À ceux qui m'ont encouragé et soutenu durant mes années d'études. "Mes chères sœurs et chers mes frères" À toute ma famille. À tous mes collègues et amis surtout à celles qui ont contribué à faire ce travail.

Je dédie ce modeste travail.

Souhaila



Dédicace

Enfin nous avons obtenu notre diplôme et enfin j'ai levé mon chapeau en ce qui concerne les années d'études passées et l'adieu a commencé avec chaque sourire à chaque instantané

j'ai pris le début d'adieu au début grâce à Dieu je dédie cette remise de diplôme à celui qui m'a appris donner et à celui qui porte fièrement son nom et j'espère que Dieu prolongera ta vie pour voir les fruits qui sont venus Ramassez-le

"Cher papa"

A mon ange de la vie, au sens de l'amour, de la tendresse et du dévouement, au sourire de la vie et au secret de l'existence, et à qui sa supplication fut le secret de ma réussite, la plus précieuse des bien-aimées,

« Ma Bien-aimée Mère ».

Je dédie ma graduation à la source de mon bonheur, mes frères et sœurs, mes oncles et tantes, mes tantes et oncles, Mon grand-père et ma grande-mère, à toute ma famille.

Et à ceux qui ont fait preuve de fraternité et se sont distingués par la loyauté et le don, et à ceux qui les ont accompagnés dans les chemins heureux et tristes de la vie, j'ai marché, et à ceux qui étaient avec moi sur le chemin du succès et du bien, "chers amis ."

A ma promotrice Mme BOURAS B.

A mes amis Souhaila, Asmaa, Salsabil et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre ce projet possible, je dis merci.

Yousra

Résumé

L'objectif de ce travail vise la recherche des conditions optimales de la floculation et coagulation du lait pas mélangé et en mélange par l'utilisation de la méthode de surface de réponse et d'essai de fabrication de fromage à base de lait en mélange (lait camelin et lait caprin) des trois formulations par la présure ovine comme agent coagulant du lait, pour atteindre cet objectif, nous avons procédé à l'extraction de la présure ovine à partir des caillottes par méthode de **Wongho(1997)**, et l'extrait clarifié de présure ovine présente une activité coagulante de (3.109233 ± 0.417471) U.A.C./ml, une force coagulante (.1/1000)US. L'optimisation de pH et température de floculation et de coagulation par la méthode de surface de réponse sur des différentes formulations du lait avec la présure ovine a révélé respectivement les couple de points optimums suivants : F1 (6.63/ 42°C), F2 (5; 30°C), F3 (5.68/ 40.30°C), F1 (5.87/ 38.36°C), F2(5.81/ 42°C) et F3(5.29/42°C). Les fromages fabriqués par la présure ovine ont présenté un rendement dans les trois formulations sont (F1= 16.15%, F2= 24.75% et F3 = 16.5%). Cependant, certaines différences ont été constatées notamment au niveau de l'aspect de la texture de l'odeur et du goût. Selon les résultats obtenus nous concluons que la présure ovine peut remplacer la présure commerciale dans la fabrication fromagère frais, Si l'on peut dire que la présure ovine qualifié pour étudier et peut donner de bons résultats avec d'autres types de fromage.

Mots-clés: coagulation, floculation, fromage frais, lait en mélange, optimisation, présure ovine.

Abstract

The objective of this work is aimed at the search for optimal conditions of flocculation and coagulation of unmixed milk and mixed milk by the use of the surface method of responses and of cheese production test from mixed milk (camel milk and goat milk) of the three formulations by sheep rennet as a milk coagulating agent, to achieve this goal, we proceeded to extract sheep rennet from the stomach by method of **Wongho,(1997)**,and the clarified extract of sheep rennet exhibits coagulant activity of (3.109233 ± 0.417471) UAC / ml, a coagulant force (1/1000) US. The optimization of pH and temperature of flocculation and coagulation by the response surface method for different formulations of milk with sheep rennet revealed respectively the following pairs of optimum points : F1 (6.63/42°C), F2 (5/30°C), F3 (5.68/40.30°C), F1 (5.87/38.36°C), F2 (5.81/42°C) F3 (5.29/42 °).The cheeses made by sheep rennet showed a yield in the three formulations are(F1= 16.15%, F2= 24.75% and F3 = 16.5%).Nevertheless, certain differences were noted in particular at the level of the aspect of texture of odor and taste. According to the results obtained we conclude that sheep rennet can replace commercial rennet in fresh cheese making, so we can say that sheep rennet is qualified for the study and can give good results with other types of cheese.

Keywords: Coagulation, Flocculation, fresh cheese, mixed milk, optimal, sheep rennet.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو إيجاد الظروف المثلى للتلبد والتخثر للحليب غير المخلوط والمخلوط باستخدام طريقة الاستجابة والاختبار السطحي لتصنيع الجبن من الحليب المختلط (حليب الإبل وحليب الماعز) للتركيبات الثلاثة بواسطة منفحة الغنم كعامل تخثر الحليب، لتحقيق هذا الهدف، شرعنا في استخراج منفحة الأغنام من المعدة بطريقة (1997) Wongho، والمستخلص الموضح من منفحة الأغنام له نشاط تخثر (0.417471 ± 3.109233) مل / U.A.C.، قوة تخثر (1 / 1000) U.S. أظهر تحسين درجة حرارة الأس الهيدروجيني والتلبد والتخثر واسطة طريقة سطح الاستجابة على تركيبات مختلفة من الحليب مع منفحة الغنم الزوج التالي من النقاط المثلى على التوالي: F1(6.63/42°C)

F3(5.29/42°C) و F2(5.81/42°C)، F1(5.87/38.36°C)، F3(5.68/40.30°C)، F2(5/30°C) الأجبان المصنوعة بواسطة منفحة الأغنام عائدًا في التركيبات الثلاثة (F1 = 16.15 %، F2 = 24.75 %، F3 = 16.5 %). ومع ذلك، لوحظت بعض الفروق بشكل خاص على مستوى مظهر رائحة النسيج والمذاق. ووفقًا للنتائج التي تم الحصول عليها نستنتج أن منفحة الأغنام يمكن أن تحل محل المنفحة التجارية في صناعة الجبن الطازج، فإذا يمكننا القول أن منفحة الغنم مؤهلة للدراسة ويمكن أن تعطي نتائج جيدة مع أنواع الجبن الأخرى.

الكلمات المفتاحية: تلبد، تخثر، مخلوط الحليب، تحسين، منفحة الغنم، الجبن الطازج.

Liste des abréviations

AFNOR :Association française de normalisation.
°C :Degré Celsius
CaCl₂ : Chlorure de calcium.
CCD : Présentation de plan composite central.
CN-αS :Caséine α S.
CN-β : Caséine β .
CN-κ : Caséine κ .
D° : Degrés Dornic.
DSA :Direction de services agricoles.
E.S.T : Extrait sec total.
FAO : Food and Agriculture Organization.
ISO : International Organisation for Standardisation.
JORA :Journal officiel de la république Algérienne.
KDa :Kilo-Dalton MG : Matière grasse.
MS : Matière sèche.
NaOH : Hydroxyle de sodium.
pH : Potentiel hydrogène.
RF : Rendement fromagère.
UP :Unité présure.
US :UnitéSoxhlet .
TEFD : pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé.
MGES : pourcentage de la matière grasse dans l'extrait sec
F1 : formulation (75% lait camelin /25% caprin)
F2 : formulation (50% lait camelin /50% lait caprin)
F3 : formulation (25% lait camelin /75% lait caprin)
PL : présure commerciale
PO : présure ovine

Liste des Tableaux

Tableau 1. Cheptel camelin en Algérie.	6
Tableau 2. Evolution des effectifs dans la wilaya d'El Oued.	10
Tableau 3. Evolution des effectifs dans la wilaya d'El Oued.	16
Tableau 4. Présure et coagulants communément utilisés, et leurs enzymes	26
Tableau 5. Composition moyenne d'un fromage frais pour 100g.....	34
Tableau 6. facteurs codes et niveaux du plan d'expérience pour les paramètres de T°C et de pH.	48
Tableau 7. Matrice d'expérience du plan composite orthogonale centré à deux facteurs. .	49
Tableau 8. Résultats d'analyses physico-chimiques du lait camelin, lait caprin et lait bovin.	54
Tableau 9. Principales caractéristiques de la présure ovine et la présure microbienne.....	55
Tableau 10. Temps de réponse de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin .	57
Tableau 11. Régression et équation de réponse de la floculation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne).....	58
Tableau 12. Modélisation de la réponse de temps de floculation	59
Tableau 13. Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.	60
Tableau 14. Temps de réponse de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin	62
Tableau 15. Régression et équation de réponse de la coagulation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne).	63
Tableau 16. Modélisation de la réponse de temps de coagulation	64
Tableau 17. Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.	65
Tableau 18. Temps de réponse de la floculation des trois formulations	67
Tableau 19. Régression et équation de réponse de la floculation de trois formulations avec la présure ovine et la présure commerciale	68
Tableau 20. Modélisation de la réponse de temps de floculation	69
Tableau 21. Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale des trois formulations.....	70
Tableau 22. Temps de réponse de la coagulation des trois formulations.....	72

Tableau 23. Régression et équation de réponse de la coagulation de trois formulations avec la présure ovine et la présure commerciale	73
Tableau 24. Modélisation de la réponse de temps de coagulation	74
Tableau 25. Points optimums de pH et de la température de la présure ovin et la présure commerciale des trois formulations.....	75
Tableau 26. Points optimums de la fabrication du fromage des trois formulations.....	77

Liste des figures

Figure 1. Evolution du cheptel en Algérie (en nombres de têtes).	6
Figure 2. Localisation des principales races de dromadaires en Algérie.....	8
Figure 3. Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles).....	13
Figure 4. Phases du processus de coagulation enzymatique du lait.	23
Figure 5. Etapes de fabrication de fromage.	31
Figure 6. Fabrication de produit laitiers traditionnels	35
Figure 7. Image photographique d'une caillette ovine.....	40
Figure 8. Milco Scan (Master Pro touch).	42
Figure 9. Protocole d'extraction de la présure ovine.	43
Figure 10. L'extrait clarifié de présure ovine.....	44
Figure 11. Etapes de la méthodologie de surface de réponse.	48
Figure 12. Etapes de la fabrication du fromage frais.....	50
Figure 13. Diagramme de fabrication du fromage frais à coagulation mixte.....	51
Figure 14. Graphique de surface du temps de floculation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).....	61
Figure 15. Graphique de surface du temps coagulation de trois types du lait camelin, caprin, et bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne).	66
Figure 16. Graphique de surface du temps de floculation de trois formulations avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).	71
Figure 17. Graphique de surface du temps de coagulation de trois formulations avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).	76
Figure18. Produit fini (fromage frais) pour les trois formulations (F1, F2 et F3) coagulé par la présure ovine.....	78
Figure 19. Produit fini (fromage frais a coagulation mixte) pour les trois formulations (F1, F2 et F3) coagulé par la présure d'ovine.....	78
Figure 20. Fromage frais a coagulation mixte avec présure ovine.	79
Figure 21. Analyses sensorielles des fromages (Aspect et texture).....	79
Figure 22. Analyses sensorielles des fromages (Odeur et arôme).....	80
Figure 23. Analyses sensorielles des fromages (Goût).....	80

Table des matières

Remerciements	
DEDICACE.....	
Résumé	
Liste des abréviations	I
Liste des Tableaux	II
Liste des figures.....	IV
Table des matières	V
INTRODUCTION	2

Partie Bibliographie

Chapitre I: Généralité sur le lait

I. Elevage en Algérie	6
I.1 Présentation du dromadaire	7
I.1.1. Principales races de dromadaire	7
I.1.2. Modes d'élevage	8
I.1.3. Modes d'élevage dromadaires en El Oued	9
II. Lait de camelin.....	10
II.1. Définition	10
II.2 Les principaux constituants du lait de camelin	11
II.2.1. Caractérisations	11
II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques	11
II.2.3 Composition du lait de camelin	12
III. Présentation du caprin	15
III.1. Elevage caprin en Algérie	15
III.2. Répartition géographique des caprins	15
IV. Lait de caprin.....	16

IV.1. Généralité.....	16
IV.2 Composition du lait de caprin.....	16
IV.3. Caractérisations du lait de caprin.....	18
IV.3.1. Propriétés organoleptique	18
IV.3.2. Propriétés nutritionnelle.....	19
IV.3.3. Propriétés médicinales	19

Chapitre II: Agents coagulants

I. Aptitudes technologique du lait	21
I.1. Aptitudes technologique du lait de camelin	21
I.2. Aptitude technologique lait de caprin.....	21
II. Coagulation du lait.....	22
II.1. Définition	22
II.2 Type de coagulation	22
II.2.1. Coagulation par voie fermentaire	22
II.2.2. Coagulation enzymatique	22
II.2.3. Coagulation mixte.....	23
III.1. Principaux enzymes coagulants du lait.....	24
III.1.1. Définition des protéases	24
III.1.2. Enzymes coagulantes d'origine animale	24
III.1.3. Enzymes coagulantes d'origine microbienne.....	25
III.1.4. Enzymes coagulantes d'origine végétale	25
III.1.5. Enzymes d'origine fongique	25
III.2. Critères d'enzyme de remplacement.....	27

Chapitre III: Généralités sur les fromages

I. Généralités sur les Fromages	29
I.1. Définition de fromage.....	29
II. Transformation du lait en fromage	29

II.1. Coagulation du lait	30
II.2. Egouttage du coagulum.....	30
II.3. Salage	30
II.4. Affinage des fromages	31
III. Classification des fromages.....	32
IV. Types des fromages.....	32
IV.1. Fromages à pâte fraîche.....	32
IV.2. Fromages à pâte molle.....	33
IV.3. Fromages à double présentation	33
IV.4. Fromages à pâte persillée.....	33
IV.5. Fromages à pâte pressée	33
IV.6. Fromages à pâte pressée cuite.....	33
IV.7. Autres types de fromages.....	33
V. Fromage frais.....	33
V.1. Définition	33
V.2. Composition et valeur énergétique du fromage frais.....	34
V.3. Procédés de fabrication	34
V.4. Types de fromage frais.....	35
VI. Valeurs Nutritionnelles des fromages frais	35

Partie expérimentale

Matériel et méthode

I. Matériel et méthodes.....	39
I.1. Matériel de fabrication du fromage	39
I.2. Matériel biologique	39
I.2.1. Lait camelin	39
I.2.2. Lait caprin	39
I.2.3. Lait de bovin	39

I.2.4. Substrat de BERRIDGE.....	39
I.2.5. Présure Microbienne	40
I.2.6. Ferments mésophiles.....	40
I.2.7. Caillette	40
I.3. Matériel et équipements de laboratoire	40
I.3.1. Appareillage.....	40
I.3.2 Petits Matériels.....	41
I.4. Produits chimiques	41
II. Méthode	41
II.1. Collecte du lait	41
II.2. Caractérisation physico-chimiques du lait	41
II.2.1. Détermination du pH	41
II.2.2. Détermination des teneurs paramètres physico-chimiques	41
II.3. Extraction d'enzyme coagulante (présure ovine) "Protocol Wongho"	42
1. Macération.....	42
2. Filtration.....	42
3. Séparation.....	42
4. Conservation.....	43
II.4. Caractérisation de l'extrait enzymatique	44
II.4.1. Détermination de l'activité coagulante (UP).....	44
II.4.2. Détermination du temps de coagulation	45
II.4.3. Détermination de la force coagulante	45
II.4.4. Dosage des protéines	45
II.4.5. Activité spécifique.....	46
III. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode surface de réponse.....	46
III.1. Plans d'expériences CCD	47
III.2. Modélisation de réponse	49

III.2.1. Construction des graphes	49
III.2.2. Traitement statistique	50
IV. Fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique	50
V. Fabrication du fromage frais à coagulation mixte	51
VI. Rendement fromagère	51
VII. Analyse du profil sensoriel des fromages frais fabriqués à coagulation mixte.....	52

Résultat et Discussion

I. Caractérisation physico-chimique du lait (matière première).....	54
II. Caractérisation de l'extrait enzymatique (présure ovine).....	55
II.1. Activité coagulante.....	56
II.2. Force coagulante	56
II.3. Teneur en protéine.....	56
II.4. Activité spécifique	56
II.5. Temps de coagulation	56
III. Optimisation des paramètres (pH, T°C) de floculation et coagulation par la méthode de surface de réponse	57
III.1. Temps de réponse de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin	57
III.2. Modélisation de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin	58
III.2.A. Equation de régression	58
III.2.B. Coefficient de régression	59
III.2.C. Points optimums de la floculation	60
III.2.D. Graphique de surface du temps de floculation	61
III.3. Temps de réponse de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin	62
III.4. Modélisation de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin	63
III.4.A. Equation de régression	63
III.4.B. Coefficient de régression	64
III.4.C. Points optimums de la coagulation.....	65

III.4.D. Graphique de surface du temps de coagulation.....	65
III.5. Temps de réponse de la floculation des trois formulations	66
III.6. Modélisation de la floculation des trois formulations	68
III.6.A Equation de régression	68
III.6.B. Coefficient de régression	69
III.6.C. Points optimums de la floculation	70
III.6.D. Graphique de surface du temps de floculation	70
III.7. Temps de réponse de la coagulation des trois formulations	71
III.8. Modélisation coagulation des trois formulations	73
III.8.A. Equation de régression	73
III.8.B. Coefficient de régression	74
III.8.C. Points optimums de la coagulation.....	75
IV. Essai de la fabrication du fromage frais (validation des résultats de l'optimisation)	77
IV.1. Rendement fromager	77
V. Fabrication du fromage frais à coagulation mixte	78
V.1. Rendement fromager.....	78
V.2. Caractérisation sensorial à coagulation mixte.....	78
Conclusion.....	82
Références Bibliographie	85
Annexes	103

INTRODUCTION

Le lait de cameline est un aliment hautement nutritif par sa richesse en glucides, lipides, vitamines et sels minéraux (**Katinan et al., 2012**), en raison de sa valeur nutritionnelle élevée, il connaît un regain d'intérêt ces dernières années. Bien que pendant ces dernières décennies, il a fait l'objet de multiples travaux par le monde entier, mais peu d'investigations sur le lait produit dans notre pays ont été envisagées.

En Algérie, comme dans beaucoup de pays du monde le lait est traditionnellement, transformé sous une forme qui permet de le conserver plus longtemps. De nombreuses études scientifiques montrent que les produits laitiers préparés traditionnellement à partir de lait cru ont des saveurs typiques et des qualités nutritionnelles de plus en plus recherchées par le consommateur (**CHAMMAS et al., 2006 ; PATRIGNANI et al., 2006**). Le lait de cameline est connu pour présenter des aptitudes limitées aux transformations technologiques en produits dérivés, particulièrement dans le cas des fabrications du beurre et du fromage. Ces difficultés proviennent de la faible teneur en caséine kappa et d'une aptitude d'acidification et de coagulation enzymatique très limitée. Cette caractéristique est considérée comme un facteur limitant de son utilisation technologique (**Boudjenah.2012**).

La coagulation de lait est considérée comme la clé de la réussite dans la production fromagère. Elle consiste à la formation d'un gel suite à des modifications physico-chimiques intervenant sur les micelles de caséine (**Desmazeaud et Spinnler, 1997**).

Le lait est coagulé grâce une enzyme d'origine animale qui est la présure de chèvre, de ovine ou de bovine. Ceux-ci diffèrent dans une région par rapport d'autres.

La dénomination 'présure' est donnée à l'extrait coagulant provenant des caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage (**Andren et al, 2002**).

La présure animale constitue l'agent coagulant le plus utilisé dans la coagulation enzymatique du lait. Elle est extraite à partir des caillettes de veau non sevrés, ce qui affecte lourdement les coûts par la faiblesse du rendement en viande. Selon **Ramet, (1997)** l'utilisation de la présure, comme agent coagulant le lait, est confrontée à la contrainte de sacrifice des jeunes veaux, en conséquence l'industrie fromagère subit une crise d'approvisionnement de ce coagulant. Cette situation a donné une impulsion aux recherches sur les enzymes de remplacement de la présure. Pour cela et pour répondre aux exigences des industries fromagères, plusieurs recherches ont été faites pour trouver d'autres enzymes de remplacement, La présure ovine apparaît comme une semble être un

succédané de présure adéquat, vu le développement notable du secteur ovin en Algérie (Les ovins prédominent 28 723 994 têtes par M A D R 2018). Il existe de nombreuses études ciblant la présure de ovine, telles que : **Outaleb T, 2006;SLAMANI R,2018.**

De résoudre le problème de la coagulation du lait de cameline et d'augmenter la valeur nutritionnelle du fromage frais, nous mélangeons avec du lait de caprin.

Dans ce travail on a ciblé l'importance d'optimiser le pH et température par la méthode de surface de réponse.

L'objectif principal de ce présent travail est de prendre les points optimaux (pH; température) et les utiliser pour faire différentes formulations de fromages à base de lait mélangés (lait de cameline et lait de caprin). Avec présure ovine Dans ce contexte nous avons essayé de réaliser le travail en deux grandes parties:

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

- La deuxième partie décrit le matériel utilisé et les méthodes utilisées. Vient ensuite nous allons exposés les résultats obtenus qui seront discutés, suivis de la conclusion générale et les perspectives.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralité sur le

lait

I. Elevage en Algérie

L'élevage, en Algérie, concerne principalement les ovins, les caprins, les bovins et les camelins (FAO, 2012). Selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture (2018), Les effectifs recensés durant les dernières années sont représentés dans la (figure 1). L'effectif global du cheptel pour l'année 2018 s'est établi à 36013296 têtes. Les ovins prédominent (28 723 994 têtes) et représentent 80 %. Les caprins viennent en seconde position avec une part de 13,6%, suivis par les bovins avec 5%. Quant aux camelins, ils ne représentent que 1,2% de l'effectif cheptel total.

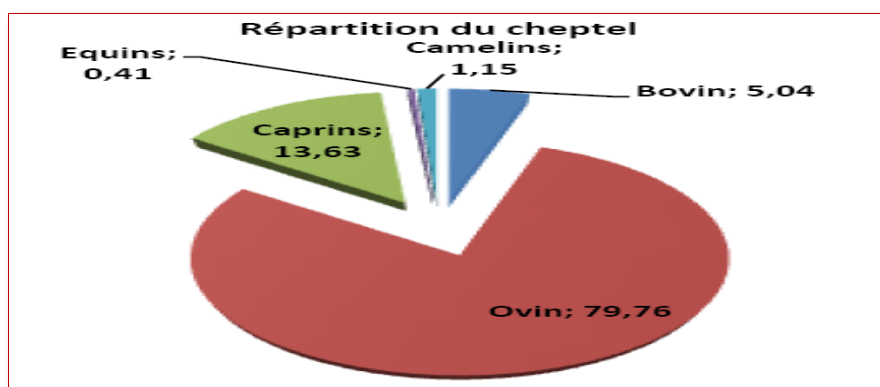


Figure 1. Evolution du cheptel en Algérie(en nombres de têtes)(MAD R,2018).

Au titre de l'année 2018, l'effectif en cheptel camelin est estimé à 417322 têtes, soit une progression de 9% par rapport à 2017. Cette hausse est essentiellement attribuée à l'augmentation des chamelles qui sont passées de 207884 têtes en 2017 pour s'établir à 250404 têtes en 2018, soit un taux de croissance de 20%. (Tableau 1)(MAD R,2018).

Le développement de l'élevage s'impose comme une nécessité en regard 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 (Benyoub,2016).

Tableau 1. Cheptel camelin en Algérie(MAD R,2018).

	2016	2017	2018
Chamelles	213 987	207 884	250 404
Autres	165 107	173 998	166 918
Total Camelins	379 094	381 882	417 322

Unite: tête

I.1 Présentation du dromadaire

I.1.1. Principales races de dromadaire en Algérie

Les différentes races rencontrées en Algérie sont se retrouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie); ce sont des races de selle, de bât et de trait,leur répartition est illustrée dans la (**figure 2**) .Il s'agit des races suivantes:

- **Le Chaambi** : 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.
- **L'Ouled Sidi Cheikh**: C'est un animal de selle. On le trouve dans les hauts plateaux du grand ERG Occidental.
- **Le Saharaoui**: Est issu du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent méhari. Son territoire va du grand ERG Occidental au Centre du Sahara.
- **L'Ait Khebbach**:Est un animal de bât. On le trouve dans l'aire Sud-Ouest.
- **Le Chameau de la Steppe**: Il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites Sud de la steppe.
- **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.
- **L'Ajjer**: Bon marcheur et porteur. Se trouve dans le Tassili d'Ajjer.
- **Le Reguibi**: Très bon méhari. Il est réparti dans le Sahara Occidental, le Sud Orannais (Béchar, Tindouf). Son berceau: Oum El Assel (Reguibet)
- **Le Chameau de l'Aftouh**: Utilisé comme animal de trait et de bât. On le trouve aussi dans la région des Reguibet (Tindouf, Bechar).(**BEN AISSA, 1989; OULED LAID, 2008; BENHADID, 2010**).

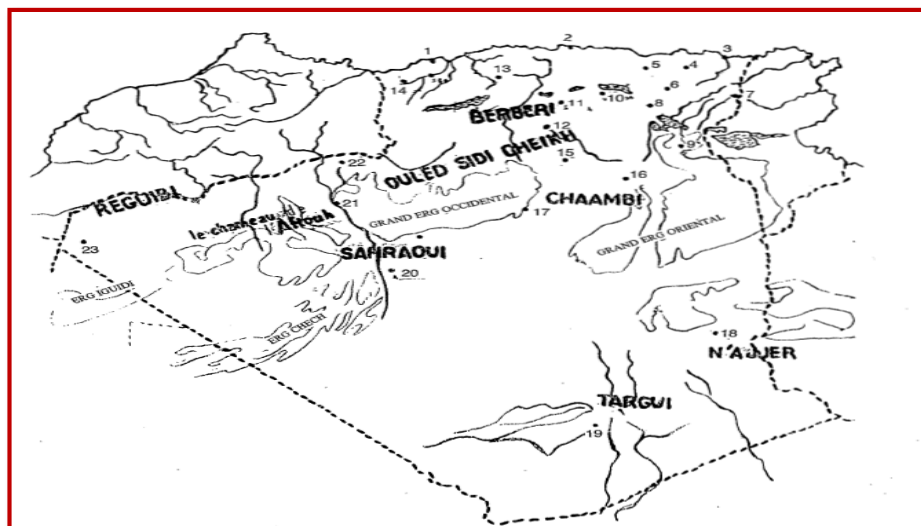


Figure 02. Localisation des principales races de dromadaires en Algérie (BEN AISSA, 1989).

I.1.2. Modes d'élevage

L'élevage représentait autrefois l'activité exclusive des habitants des régions rurales dont la survie dépendait du tapis végétal. Il représente l'ensemble des opérations qui permettent la reproduction et la vie des animaux pour les besoins de l'homme. (MEDJOUR, 2014). En grand terme il existe deux systèmes d'élevage : l'élevage en extensif (communément suivi, pratiqué dans des parcours et des vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle) et l'élevage en intensif (en limitation et qui se base sur l'utilisation des complémentations alimentaires). A la limite de ces deux systèmes s'ajoute un autre type d'élevage le système semi-intensif. (YAGIL, 1985).

✓ Elevage extensif

▪ **Nomadisme:** l'élevage nomade est un ensemble de déplacements irréguliers anarchiques entrepris par un groupe de pasteurs d'effectifs variables dans des directions imprévisibles. Dans ce mouvement migratoire, les familles et les campements suivent le troupeau (Agué, 1998).

▪ **Semi-nomadisme:** là aussi, l'alimentation est assurée, pendant une bonne partie de l'année, par des déplacements irréguliers à la recherche d'herbe et d'eau. A la différence du nomadisme, les éleveurs possèdent un point d'attache "habitat fixe", où les troupeaux passent une partie de l'année (Qaaro, 1997).

▪ **Sédentaire:** ce type d'élevage base l'alimentation sur les ressources situées à proximité de l'habitat fixe, et sur les produits de l'agriculture. Les troupeaux sont en général de petite taille (**Qaaro, 1997**).

▪ **Transhumance:** connue sous l'appellation de "El-Hemil", la transhumance fait référence à une pratique de déplacement des troupeaux, saisonnier, pendulaire, selon des parcours bien précis, répétés chaque année. Elle existe sous diverses modalités et au sein de différents types de systèmes d'élevage pastoral en fonction des objectifs donnés par les éleveurs. Le système transhumant est extensif basé sur l'utilisation presque exclusive des ressources des parcours et les troupeaux sont souvent confiés à des bergers. Le savoir-faire du berger est basé sur la tradition, ce qui est un atout en termes de connaissance d'utilisation du milieu naturel, mais qui est insuffisant en termes de zootechnie (**Ould Ahmed, 2009**). Il est admis que le dromadaire a une préférence pour les plantes halophytes (**YAGIL, 1985; WILSON, 1989**).

✓ **Elevage semi-intensif**

Le système semi-intensif repose sur une alimentation mixte composée de plantes des parcours et de concentrés (son, orge, avoine ...) quand les conditions climatiques sont favorables ou exclusivement de concentrés dans le cas contraire. Les animaux sont donc en semi-stabulation. Les principaux inconvénients de cette pratique sont liés à la non-maîtrise de ce système donc à celle de l'alimentation des animaux (**CORRERA, 2006**).

✓ **Elevage intensif**

L'utilisation des systèmes intensifs est aussi remarquable dans les élevages d'animaux de course. Le dromadaire est capable de céder aux exigences de la "modernité" en élevage et de subir une intensification de sa production pour satisfaire aux demandes croissantes des populations urbaines des zones désertiques et semi-désertiques. Il bénéficie de plus d'un préjugé favorable de par son image d'animal des grands espaces même si le mode d'élevage intensif le rapproche de plus en plus des autres espèces. Cette capacité à répondre aux défis alimentaires du monde moderne lui donne une place prometteuse dans les productions animales de demain (**OULD AHMED, 2009**).

1.1.3. Modes d'élevage dromadaires en El Oued

Le mode d'élevage des dromadaires au niveau de la wilaya d'El Oued dépend du mode d'habitation des chameliers à savoir : les nomades, les transhumants et les sédentaires, la survie des troupeaux camelins dépend exclusivement de l'effort fourragère

gratuite provenant des parcours naturels, la complémentation alimentaire est effectuée occasionnellement pour le type d'élevage semi extensif et en hiver.

L'effectif camelin dans la région d'El Oued, a connu un fort développement au cours de la période comprise entre 2009 à 2018 (**Tableau 2**).

Le troupeau camelin de la wilaya d'El-Oued est essentiellement constituée de la population "Sahraoui" (90%) qui reste très estimée dans la région du Souf. La population "Berberi" représente 13% seulement. La population "Sahraoui" s'adapte très bien aux conditions du milieu et se reproduit sans trop de difficultés. (**Titaouine et al., 2011**).

Tableau 2. Evolution des effectifs dans la wilaya d'El Oued (**DSA, 2019**).

Année	Camelins	
	Nombre des chammelles	Total
2009	15500	27000
2010	19500	30000
2011	20000	31000
2012	21000	34000
2013	22000	37000
2014	23000	38000
2015	24000	40000
2016	25000	42000
2017	27000	45000
2018	34000	55000

II. Lait de camelin

II.1. Définition

Le lait de chamelle a une couleur blanc-mat, conséquence de sa composition pauvre en matière grasse et en caroténoïde (**Mal et Pathak, 2010**). Ces aspects dépendent souvent de physiologie des pâturages et de la disponibilité de l'eau (**El Imam Abdalla, 2012**). En milieu désertique, il est difficile, voire impossible de recueillir des données chiffrées fiables sur la production du lait chamelle. Autres facteurs, y compris la race, la durée de lactation, l'alimentation et les conditions de gestion des cheptels jouent un rôle important dans l'inconsistance des données (**Cardellino et al., 2004**).

Les camelin soumis à un élevage traditionnel type extensif (communément suivi, pratiqué dans des parcours et des vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle), dont la production varie de 4 à 14 kg avec un maximum de 19 kg par femelle laitière et par jour (**Medjour, 2014**), Tandis que (**Siboukeur, 2007**) notent que les

populations chamelle Algériennes, tel que (population Sahraoui, en l'occurrence) peuvent être considérées comme bonnes laitières (6 à 9 l/j) vu la pauvreté de leur alimentation.

II.2 Les principaux constituants du lait de camelin

II.2.1. Caractérisations

II.2.1.1. Propriétés organoleptiques

Le lait de camelin est de couleur blanche opaque avec une légère odeur sucrée et un goût vif et parfois salé. La couleur du lait est due à sa teneur importante en matière grasse ; alors que les changements de goût sont dus au type de fourrage et à la disponibilité d'eau (Kula, 2016).

II.2.1.2 Propriétés nutritionnelles

Le lait de camelin présente des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base. Sa matière grasse est caractérisée par une richesse en acide gras mono-insaturés à longue chaîne (acide stéarique et oléique). Le lactose est le sucre principal dans le lait. Le lait de chamelle contient des teneurs importantes en vitamines et en minéraux qui font de lui un véritable aliment à finalité diététique (Siboukeur, 2012).

II.2.1.3 Propriété thérapeutique et médicinale

Dans les pharmacopées traditionnelles, le lait de camelin présente d'importantes propriétés thérapeutiques et médicinales. Au cours de ces 10 dernières années, plusieurs études ont été menées pour prouver certaines propriétés tels que :

- ❖ Propriétés anti-cancérogènes (Magjeed, 2005), antidiabétiques et anti-hypertensives (Zouari, 2019).
- ❖ Propriétés hypocholestérolémie (Elayanet *al.*, 2010), hypoglycémique (Agrawal *et al.*, 2007).

Recommandé aux enfants allergiques à la β -lactoglobuline du lait bovin (El-Agamyet *al.*, 2009) et intolérant au lactose (Cardoso *et al.*, 2010).

II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques

II.2.2.1. pH

Son pH qui varie de 6,2 à 6,5 est plus bas que celui du lait de vache (6,8) (SENOUSSI, 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 chamelle est similaire à celui du lait de brebis, mais un peu acide par rapport à celui du lait de vache, ce dernier se situe entre 6,6 et 6,8. (SOUID, 2011).

II.2.2.2. Extrait sec total

La teneur en matière sèche totale d'échantillons de lait camelin cru analysée est égale à 130 g/l. Cette valeur est proche à celle du lait de vache (128 g/l). (KAMOUN, 1995).

II.2.2.3. Densité

Il est moins dense que le lait de vache, sa densité moyenne est 1.029 g/cm³. (MEDJOUR, 2014).

II.2.2.4. Acidité

L'acidité moyenne du lait camelin en degré Dornic est 14.66 ° D. (GHENAM *et al.*, 2007).

II.2.3 Composition du lait de camelin

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance (Hamidi, 2015). La composition globale du lait de camelin est similaire à celle du lait de vache en termes de protéines, lipides, lactose et minéraux (Konuspayeva *et al.*, 2009).

- **Eau**

L'eau est un facteur important qui affecte la composition du lait de camelin (PATEL *et al.*, 2016). Sa teneur dans le lait camelin varie selon son apport dans l'alimentation, atteint son maximum pendant la période de sécheresse. En effet, il a été montré que la restriction en eau alimentaire des camelines se traduit par une dilution du lait : un régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86%, alors que dans un régime déficient (en période de sécheresse), la teneur s'élève à 90%. Cette dilution pourrait être l'effet d'un mécanisme d'adaptation particulier, afin de couvrir les besoins des chamelons durant la période de sécheresse (MAHBOUB, 2009; BOURICHA, 2011; BENGUETTAIA *et LEMLEM*, 2013; BASEM *et FAHMY*, 2015; SI AHMED ZENNIA, 2015; KHALID *et al.*, 2016).

- **Protéine**

Le lait de camelin est une source considérable de protéines et de peptides capables démoduler diverses fonctions physiologiques. Sur le plan nutritionnel, il est de bonne qualité puisqu'on retrouve tous les acides aminés indispensables (Azzaet *et al*, 2007).

La teneur en protéines du lait de chamelle varie de 3 à 3,90%, il contient deux principaux groupes les caséines (insolubles à pH de 4,3) et les protéines sériques (solubles à ce même pH)(Yagil, 1982; Abbas *et al.*, 2013; Kula *et al*, 2016).

- **Caséines**

Les caséines représentent la fraction protéique la plus abondante dans le lait camelin à savoir 73 à 81% des protéines totales, contre 83% dans le lait bovin. Leur composition en acide aminés est similaire à celle de leurs homologues vache(SENOUSSI, 2011). Les caséines camelines possèdent une organisation micellaire. (Figure 3). Ces micelles sont des colloïdes édifiés à partir de quatre types de caséines (*as1*-CN, *as2*-CN, *B*-CN, *k*-CN) en interaction avec une fraction minérale dont le composant prédominant est le phosphate de calcium (CHIBBAH, 2011). Les travaux de FARAH et RUEGG (1989); ATTIA *et al* et de KHEROUATOU *et al* (2001) ont rapporté que le diamètre moyen des micelles de caséines camelin (206-300 nm) est nettement supérieur à celui mesuré dans le lait de vache qui est de 100 à 140 nm (SENOUSSI, 2011).

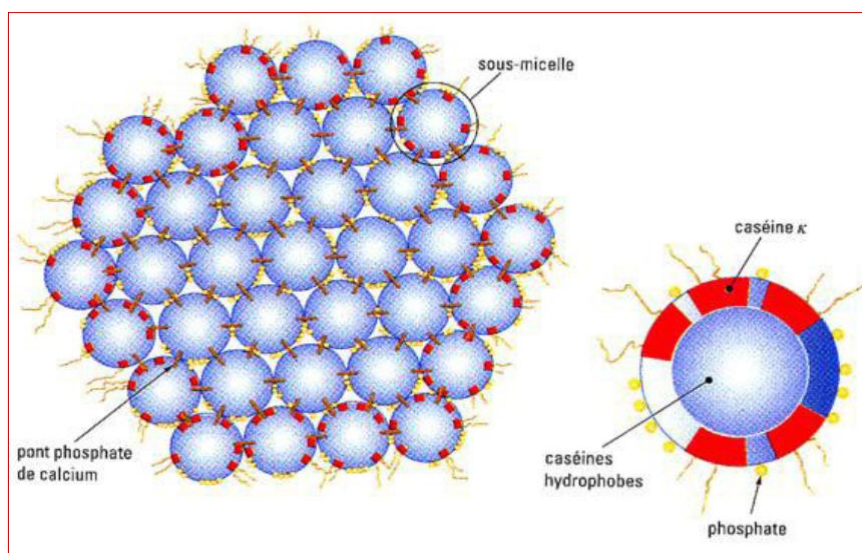


Figure 3.Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles). (AMIOT *et al.*, 2002; MEDJOUR, 2014).

- **Lactosérum**

Le terme protéines sériques désigne les protéines du lait qui restent solubles après précipitations des caséines à pH isoélectrique. Ce sont des protéines globulaires diversifiées en structure et en propriétés (**Snoussi, 2011**). Elles sont représentées par l' α -lactoglobuline, la sérum-albumine bovine (BSA), les immunoglobulines ; les protéose peptone, lysozyme, lactoperoxydase, lactoferrine (**Kappleret al, 2004**).

Concernant, la β -lactoglobuline. Qui est la protéine majoritaire dans le sérum de la plupart des espèces laitières, elle est absente dans le lait humain et chamelle (**El Agamyet al, 2009**).

- **Matière grasse**

Le lait de camelin est en moyenne plus faible en matière grasse que le lait de bovin. Cependant, les globules gras du lait de camelin sont de très petite tailles (1,2 à 4,2 μ de diamètre) et restent donc en suspension même après 24 heures de repos, contrairement au lait de bovin dans lequel ces globules constituent une couche grasse en surface au bout de quelques heures (**Chethouna, 2011**). Par ailleurs, la matière grasse du lait de camelin apparaît liée aux protéines, tout ceci explique la difficulté à baratter le lait de camelin pour en extraire le beurre. Comparée au lait de vache, la matière grasse du lait de camelin contient moins d'acides gras à courtes chaînes. Cependant sa teneur en acide gras volatils et en acides gras non saturés est importante (**Siboukeur, 2007**).

- **Lactose**

La teneur en lactose influence le goût et l'acceptabilité sensorielle du lait de camelin (**Khaskheliet al., 2005; Yagil and Etzion, 1980**). Sa teneur varie de 2,40 à 5,80 g.100g⁻¹ avec une moyenne de 4.4 g.100g⁻¹ (**Konuspayevaet al., 2009**). La grande variation de la teneur en lactose pourrait être dû au type de plantes consommées dans les déserts. (**Madjour, 2014**) D'autres oligosaccharides (deux neutres et cinq acides) ont été identifiés dans le lait de camelin (**Al hajet al., 2013**). Cette source d'oligosaccharides peut être une source importante pour l'alimentation infantile (développement de produits spécialisés).

- **Minéraux**

Les sels minéraux présents dans le lait de camelin sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait de bovin (**Siboukeur, 2007**). La teneur en minéraux du lait de

camelin exprimée les cendres vont entre 6,7g/l (**Abdounet al.,2007**) et 10,5g/l (**El-Hatmiet al., 2006**).

Les principaux constituants minéraux du lait camelin sont le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le fer. (**Ghislaine,2018**).On y dénombre en effet des macros et des oligo-éléments qui se trouvent sous forme de sels(phosphates, chlorures et citrates) (**Boussouar,2017**).

- **Vitamines**

La composition en vitamines du lait de camelin diffère de celle du lait de bovin par une teneur en vitamine C un peu supérieure; En revanche, la teneur en vitamine A et en riboflavine (B2) y est plus faible que dans le lait de bovin (**Medjour, 2014**).La réputation du lait de camelin est en grande partie due à sa richesse en vitamine C.

De tous les laits de mammifères collectés pour les besoins de l'homme, celui du camelin est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique permettant de lutter contre la fatigue et l'infection est bien connu. Il y a en moyenne trois fois plus de vitamine C dans le lait de camelin que dans le lait de bovin (**Konuspayeva, 2007**).

III. Présentation du caprin

III.1. Elevage caprin en Algérie

L'élevage caprin, d'environ 4,5 million de têtes (**Mouhouset al., 2013**), est très répandu. La population locale est représentée essentiellement par les races Arabia et Kabyle, et la caprin de M'zab(**Habbi, 2014**). Et selon (**Madani et al., 2015**), présente essentiellement en régions difficiles (montagnes, forêts, steppes et Sahara) et conduite en élevage extensif, valorise des ressources alimentaires pauvres pour produire de la viande.

III.2. Répartition géographique des caprins

La répartition de cheptel caprin à travers le territoire national dépend de la nature de la région, du mode d'élevage, et de l'importance donnée à la caprin (**Hafid, 2006**). Montre que la plus grande partie de l'effectif caprin est dans les zones steppiques et sahariennes (Oasis), puis dans les zones montagneuses, par contre l'effectif est faible au niveau du littoral.Selon les statistiques de la Direction des Services Agricoles(**DSA**)de El Oued, des dernières années qui sont représentées (**Tableau 3**). Il se trouve une diminution du nombre de caprins en raison du manque d'élevage traditionnel.

Tableau 3. Evolution des effectifs dans la wilaya d'El Oued (DSA, 2019).

Caprin		
Année	Nombre de caprin	Total
2009	289000	430000
2010	292000	470000
2011	306000	484000
2012	320000	496000
2013	342000	526000
2014	346000	532000
2015	348000	540000
2016	349000	542000
2017	288000	498000
2018	287000	496000

IV. Lait de caprin

IV.1. Généralité

Le lait de caprin est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du chevreau. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène de sa matière grasse (Ghenemet *al*, 2017), caractérisé par une saveur douceâtre et peu sucrée et agréable (Duteurtreet *al*, 2005 ; Melo *et al*, 2013). Il donne une impression bien homogène : ni trop fluide ni trop épais (Bosset, 2000; Coulin, 2003) et il est caractérisé par une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de bovin (Zaller, 2005; Jooyandehet *al*, 2010). Le pH du lait de caprin, se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (Remeufet *al*, 1989) avec une moyenne de 6,7 différent peu du pH moyen du lait de vache qui est de 6,6 (Lejaouen, 1990). L'acidité titrable, exprimée en degrés Doronic (D°) est de 15 à 18°. Densité oscille entre 1,028 et 1,034 à 20 °C. La densité moyenne du lait de caprin est de 1,030 pour la caprin (Vierling, 2008). Le lait de caprin joue un rôle essentiel dans l'alimentation humaine, le plus consommée par la communauté rurale, alors qu'il est très peu disponible sur le marché. Commercialement, le lait de chèvre est transformé en produits tels que Raib, Lben, klila, la Crème, la Zebda ou beurre frais et le J'ben (produits traditionnelles locale) (Badiset *al*, 2004).

IV.2 Composition du lait de caprin

Les composants du lait de caprin sont toutefois soumis à de grandes variations. Les écarts sont dus en particulier à la race, mais aussi à l'alimentation et au stade de lactation des animaux.

- **Eau**

L'eau est le constituant le plus important du lait (FAO, 2002). Il se trouve sous deux formes: l'eau libre (96 % de la totalité) et l'eau liée à la matière sèche (4 %). Le lait de caprin est constitué de 87% d'eau (Amiot *et al*, 2002).

- **Protéines**

Les protéines du lait de caprin comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions, l'une majoritaire dénommées caséines (représentant environ 80%) (Mahe *et al*, 1997), précipite à pH 4,2 pour le lait de caprin et 4,6 pour le lait de bovin (Masleet *al*, 2001).L'autre, minoritaire (représentant 20 %) et dénommées protéines sériques se caractérisant par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH (Chanokphat, 2005). 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) (Roudjet *al*, 2005).

- **Caséines**

Par rapport au bovin, le lait caprin présente les mêmes constituants caséiniques (caséine α S1, α S2, β et κ). Ces protéines forment des structures micellaires en suspension par interaction du phosphate de calcium, avec les résidus phosphosérinesde celles-ci (Marletta*et al*, 2007).Le lait de caprin contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de bovin contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta. (Sylvain, 2004).

- **Protéines de lactosérum**

Les protéines de sérum, qui représentent environ 20 % des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β -lactoglobuline et l' α - lactalbumine ; les autres protéines du sérum sont les immunoglobulines, la sérum-albumine bovine (BSA) et la lactoferrine. Ces protéines sériques se caractérisent par la sensibilité au traitement thermique (Lorientet *al*, 2000).

- **Lactose**

Le lactose est le glucide le plus important du lait caprin. D'autres glucides peuvent provenir de l'hydrolyse du lactose (glucose, galactose). Certains glucides peuvent se combiner et d'autres peuvent rester libre (Amiot *et al.*, 2002). Comparativement au lait de bovin (50 g/l), le lait de caprin est moins riche en lactose, avec une variation allant de 44 à

47 g/l (Veinoglouetal., 1982; Roudjetal., 2005). Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des fromages utilisant un caillage lactique et diminuer le pH du lait.

- **Vitamines**

Par rapport au lait de bovin, le lait caprin se distingue par l'absence de β -carotène. Cette caractéristique a été utilisée comme moyen de détection de l'adultération du lait caprin par le lait bovin (Furtado, 1983).

- **Minéraux**

La fraction minérale du lait caprin, ne représente qu'une faible portion de celui-ci, en moyenne 8% de la matière sèche contre 7% pour le lait de bovin. Le lait de caprin renferme globalement plus de calcium, magnésium, potassium et phosphore que le lait de bovin (Patel et Reuter, 1996). Toutes les matières minérales ne sont pas en solution, une partie d'entre elles est associée aux protéines. Elle joue un rôle important dans la structure et la stabilité des micelles de caséine (Daoudi, 2006).

- **Matière grasse**

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante est le lait écrémé (Boutonnier, 2012). Moins riche en matière grasse (Roudjet al, 2005), le lait caprin est aussi plus difficile à écrémer (Attaie et Richtert, 2000) que le lait de bovin, cette différence, leur confère une meilleure dispersion ainsi que l'obtention d'une phase plus homogène (Heinlein et Caccese, 2006). La membrane du globule gras caprin est composée de protéines montrant une forte tendance à l'association aux caséines, qui ne se retrouve pas chez le bovin (Cabo, 2010). Le contenu lipidique total du lait caprin, sujet à une forte variation (Cerbulisetal., 1982), se caractérise par une richesse en triglycérides à forte proportion d'acides gras à chaîne courte, notamment.

IV.3. Caractérisations du lait de caprin

IV.3.1. Propriétés organoleptique

Le lait est un liquide opaque, blanc mat légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre à odeur peu marquée et au goût douceâtre (Larousse agricole., 2002). Le lait de caprin, en raison de l'absence de pigments caroténoïdes a une couleur blanche si caractéristique et un

goût légèrement sucré (**Duteurtreet al.,2005**) avec une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de bovin (**Jouyandah et Abroumand., 2010**).

IV.3.2. Propriétés nutritionnelle

Le lait caprin est une source importante d'énergie, apportant près de 700 kcal / l. Une équipe de pédiatres (**Roy, 2003**) a montré qu'il était possible de réalimenter à l'aide de lait de caprin, avec succès, des enfants manifestant une intolérance aux protéines bovines. D'autres travaux ont abouti aux mêmes résultats (**Corthier, 2004**). Le lait de caprin apparaît souvent comme substitut au lait de bovin, notamment chez les enfants atteints de dermatite atopique(**Debry, 2001**).

IV.3.3. Propriétés médicinales

Le lait de caprin est supposé porteur de vertus diététiques et thérapeutiques qui en font un produit de qualité. Il aurait une meilleure influence sur la prévention de l'ostéoporose et l'athérosclérose. Il préviendrait la prévention des inflammations des artères, et toutes les maladies dans lesquelles le stress oxydatif joue un rôle : inflammations, vieillissement, fertilité réduite chez l'homme, schizophrénie, cancer, maladies cardio-vasculaires. Les oligosaccharides dans le lait de caprin protègent contre les bactéries pathogènes dans les intestins, et stimulent la croissance des bifido-bactéries dans le tractus gastro-intestinal (**Ghenem et Mechalikh, 2017**).

Chapitre II

Agents coagulants

I. Aptitudes technologique du lait

I.1. Aptitudes technologique du lait de camelin

Le lait de camelin est réputé pour son inaptitude à la coagulation. Il répond à des particularités qui limitent sa valorisation et sa conservation pour la transformation en fromage et beurre et produits acidifiés, toutefois, moyennant des adaptations technologiques de ce lait devient transformable avec des rendements et des qualités organoleptiques satisfaisants (**Kamoun, 1995; Mahboubet al., 2010**). Il existe très peu d'informations disponibles sur la capacité du lait de chamelle à subir une coagulation enzymatique et les rares données disponibles sont souvent contradictoires. La fabrication de fromage est uniquement possible en mélangeant le lait de camelin à des laits d'autres espèces (caprin, brebis, etc.) ou en employant la présure à une concentration très élevée (environ quatre fois la concentration en enzyme habituelle). L'ajout d'un apport d'un sel de calcium est aussi indispensable (**FARAH, 1993; ABI AZAR, 2007**).

Par ailleurs, la faible aptitude à la coagulation enzymatique aboutit à une affinité limitée pour la présure et à une structuration limitée des gels formés. Les origines de cette aptitude limitée sont la teneur réduite en matière sèche totale et caséine, notamment en saison chaude, le diamètre élevé des micelles de caséine, et la teneur réduite en caséine kappa (**Ramet, 2003; Boughellout, 2007**). Dans le cas de la coagulation acide du lait de chamelle, la formation du caillé est assez lente, car l'acidification est limitée par le système antimicrobien du lait, ce qui retarde autant le phénomène de coagulation (**EL-agamy, 2000**).

I.2. Aptitude technologique lait de caprin

La fabrication de fromage reste la forme principale de valorisation du lait de caprin. L'aptitude fromagère de ce lait est sous l'influence directe de sa composition physico-chimique (qualité intrinsèque) (**Barrionuevo et al, 2001**). Les activateur plasminogène (AP) dans le lait de caprin sont associés à une détérioration de propriétés coagulantes du lait, très probablement dues à protéolyse de la caséine liée à l'activité de la plasmine (PL) (**Fantuzet al, 2001**).

II. Coagulation du lait

II.1. Définition

La coagulation du lait est une étape importante dans la préparation du fromage. Il s'agit de la transformation du lait liquide en un gel, appelé aussi coagulum ou caillé. On distingue deux types de coagulation : la coagulation acide et la coagulation enzymatique. Cependant, en fromagerie, la coagulation du lait résulte le plus souvent de l'action combinée d'une enzyme et de l'acidification, seule varie l'importance relative de leur action coagulante respective. Les mécanismes d'action de ces deux agents coagulants au niveau de la micelle sont très différents. Bien qu'ils conduisent tous deux à la formation d'un coagulum (gel ou caillé), les propriétés rhéologiques de ce dernier restent caractéristiques du mode de coagulation (Farkye,2004 ; Janhøj et Qvist, 2010).

II.2 Type de coagulation

La coagulation est une étape fondamentale dans la fabrication de fromage, elle peut être obtenue soit par voie fermentaire à l'aide des bactéries lactique, soit par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, ou par action mixte.

II.2.1. Coagulation par voie fermentaire

Consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($\text{pI}=4,6$) par acidification biologique à l'aide des ferments lactiques ou par acidification chimique (injection de CO_2 , addition de glucano-6-lactane, ou ajout de protéines sériques à pH acide (Jeantet *et al.*, 2007)

II.2.2. Coagulation enzymatique

Consiste à la transformation du lait de l'état liquide à l'état gel par action d'enzymes Protéolytiques, les plus souvent d'origine animale (Figure 4), (Gelais, 2002).

A. Phase primaire ou enzymatique

Correspond à l'hydrolyse de la caséine κ au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106).

B. phase secondaire ou de dégradation des micelles déstabilisées

Cette phase commence à pH 6,6 lorsque 80 à 90% de la caséine κ est hydrolysée (Jeantet *et al.*, 2007).

Elle correspond à la coagulation proprement dite, qui nécessite absolument les ions calcium, mais qui ne peut pas se produire à 0°C (Desmaseaud et spinnles, 1997).

C. Phase tertiaire ou phase de réticulation

Conduit à la formation du gel (Jeantetet *al.*, 2007). Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place des liaisons phosphocalciques qui peuvent former des ponts disulfures entre les paracaséines (Mahaut *et al.*, 2000).

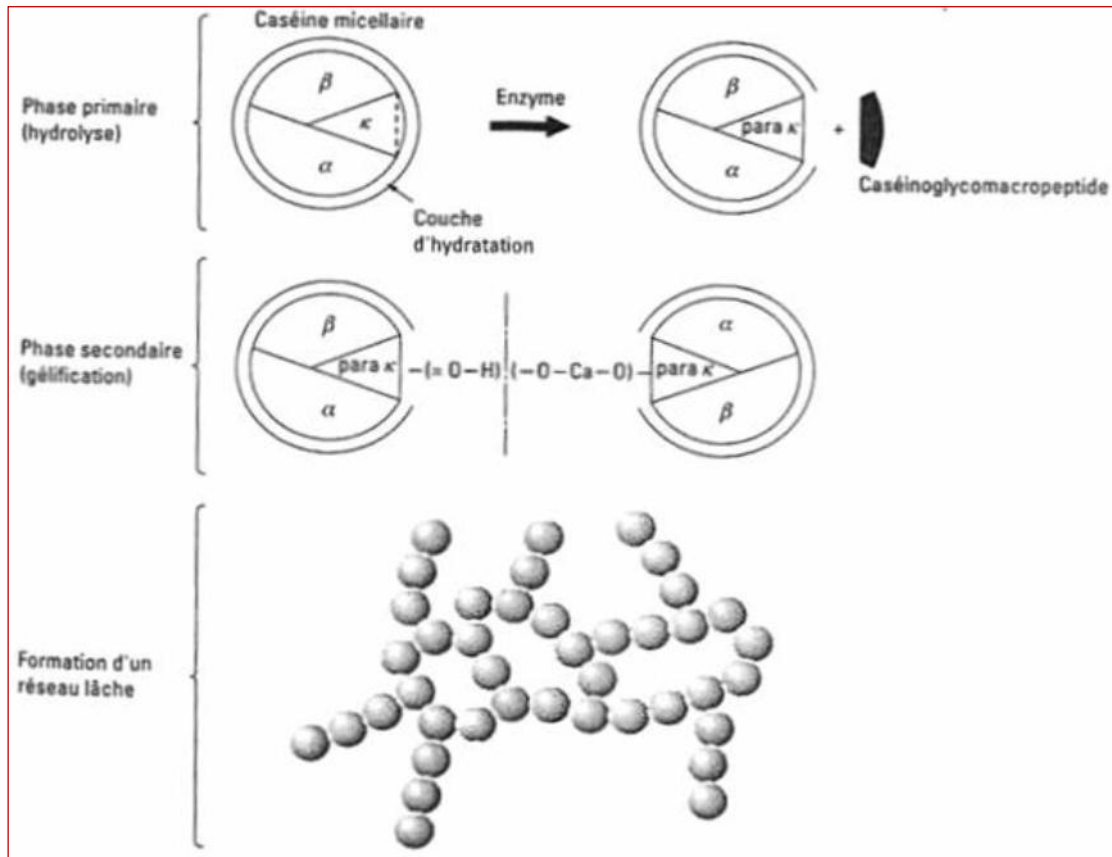


Figure 4. Phases du processus de coagulation enzymatique du lait. (Gelais, 2002)

II.2.3. Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification lactique.

Pour la plupart des fabrications, la coagulation est obtenue par voie enzymatique et s'accompagne d'une acidification dont l'intensité varie avec le type de fromage désiré (Stall, 1996). Le coagulum obtenu présente des caractères propres se situant entre ceux d'un gel lactique et de la présure (Eck, 1990).

III.1. Principaux enzymes coagulants du lait

III.1.1. Définition des protéases

Les protéases peuvent être définies comme étant des enzymes capables d'hydrolyser les protéines par coupure d'une ou de plusieurs liaisons peptidiques. Elles sont dénommées *peptidase* par l'union internationale de biochimie et biologie moléculaire (IUBMB), mais elles portent d'autres noms, comme *protéinases* ou *enzymes protéolytiques*. (Benkahoul, 2016)

III.1.2. Enzymes coagulantes d'origine animale

Les enzymes coagulants d'origine animale sont des protéases gastriques. Les plus employés sont la présure (constitué principalement de chymosine), les pepsines; bovine, porcine et de poulet. Ces protéases sont formées à partir d'un précurseur (zymogène), forme inactive, secrété par la muqueuse gastrique. (Tableau 4). (Richter *et al.*, 1998).

III.1.2.1. Présure

La dénomination présure est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes (quatrième poche de l'estomac) de jeunes ruminants (des veaux) abattus avant sevrage (ANDER, 2002). Elle contient de la chymosine (80%) et de la pepsine (20%). La chymosine l'enzyme dominante est activée au pH de lait (6,2-6,6) ; sa sécrétion s'arrête au moment du sevrage, alors que la pepsine s'accroît et devient dominante (ALAIS, 1974, ERESTROM et WONGT, 1983).

A. Pepsine

La pepsine est une protéase acide présente dans le suc gastrique de tous les mammifères (Tableau 4). Et les oiseaux. L'une de ces remarquables caractéristiques est sa grande activité dans des milieux très acides. Selon (Grandy, 1978), la pepsine est relativement stable à des pH compris entre 5 et 5,5 avec un optimum d'activité vers un pH de 1,8 qui varie selon la nature du substrat, elle est thermosensible en solution à 55°C et complètement dénaturée au de à 70°C (Gour Soud, 1999).

B. Chymosine

La chymosine est une enzyme protéolytique (Tableau 4). Elle a une double activité : une activité spécifique sur la caséine qui conduit à la déstabilisation micellaire au cours de la phase de coagulation et une activité faible de protéolyse générale qui pourrait se manifester sur toutes les protéines pendant l'affinage du fromage. La stabilité de la

chymosine est maximale à pH = 5 et 6 ; son activité est optimale a pH voisin de 5 ; elle est inactivée à pH = 7,5 et dénaturée à pH = 8 ; sa température optimale d'action est voisine de 40°C (Ramet,1997). L'inactivation thermique a lieu à 60°C, elle est totale à 61°C (Scriban, 1993).

III.1.3. Enzymes coagulantes 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 (Boughellout, 2007; Libouga, 2008). De récents travaux de génie génétique ont permis de préparer une présure formée de chymosine pure, par clonage de gène sur *Escherichia coli* (Ross *et al.*, 2000). Par ailleurs, les travaux réalisés sur plusieurs bactéries 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 : *Endothiaparasitica*, *Mucor meihei* et *Mucor pusillus* (Tableau 4). (Beka, 2011; Tubesha et Al-delaimy, 2003).

III.1.4. Enzymes coagulantes d'origine végétale

Les protéases végétales sont regroupées selon leur action catalytique en protéases à sérine, à cystéine, à aspartate et en *métalloprotéases* (Bruno *etal.*, 2006). Les protéases ont été identifiées et étudiées chez plusieurs familles végétales, particulièrement chez les *Asteraceae*, les *Caricaceae*, les *Moraceae*, *Asclepiadaceae*, *Apocynaceae* et *Euphorbiaceae* (Domsalla et Melzig, 2008). Les protéases végétales les plus connues sont extraites du papayer (*Caricapapaya*), figuier (*Ficus glabrata*), ananas (*Ananas comosus*), sarcocarpe de melon (*Cucumusmelo*). Elles sont appliquées essentiellement dans les industries alimentaires et pharmaceutiques (la papaïne, la ficine, la bromélaïne et cucumisine). D'autres protéases extraites de chardons (*Cynarascolymus*, *Cynaracardunculus*, *Silybummarianum*) (Tableau 4). permettent la fabrication de fromages traditionnels, c'est le cas des cardosines et des cynarases (Benkahoul, 2016).

III.1.5. Enzymes d'origine fongique

Les enzymes d'origine fongique ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure. (Tableau 4). Les préparations commerciales employées actuellement proviennent de trois genres de moisissures; *Cryphonecteriaparasitica*, *Rhisomucorpusillus* et *Rhisomucormiehei*. (Rao *et al.*, 1998). La

protéase de *Cryphonectriaparasitica* a été étudiée et testée dans plusieurs types de fromage. Elle a donné des résultats variables. Elle paraît être plus protéolytique que la présure durant la phase de coagulation du cheddar (Emmons *et al.*, 1990).

Tableau 4. Présure et coagulants communément utilisés, et leurs enzymes (Harboe *et al.*, 2010)

Groupe	Origine	Exemples: présure et coagulants	Enzyme Active
Animal	Caillette bovine	Présure de veau, extrait de pepsine bovine	<i>chymosin A, B and C, pepsin A and gastriscin</i>
	Caillette ovine	Présure en pâte Présure d'agneau, extrait de pepsine ovine	<i>idem, plus lipase chymosine et pepsine Ovine</i>
	Caillette caprine	Présure de chevreau, Extrait de pepsine caprine	<i>chymosine et pepsine Caprine</i>
Microbienne	<i>Rhizomucormiehei</i>	Coagulant Miehei	<i>Rhizomucormiehei</i>
	<i>Cryphonectria parasitica</i>	Coagulant Parasitica	proteinase aspartique <i>Cryphonectriaparasitica</i> asparticproteinases
FPC:chymosin produite par Fermentation	<i>Aspergillus niger</i> <i>Kluyveromyces marxianus var. lactis</i>	CHY-MAX TM CHY-MAX TM M Maxiren ®	Chymosine bovine B Chymosine de chameau Bovine chymosin B Chymosine bovine B
végétale	<i>Cynaracardunculus</i>	Fleur de chardon	Cyprosine 1, 2 et 3 / cardosine A et B

III.2. Critères d'enzyme de remplacement

Tous les succédanés de présure doivent présenter certains nombres de critères pour qu'ils soient apte à une utilisation industrielle, les plus important de ces critères sont les suivants (**Boudier, 1974**).

- Odeur et couleur faible.
- Bonne solubilité dans l'eau.
- Absence de toxines.
- Une bonne activité coagulante dans les conditions standards de mesure.
- Une activité protéolytique faible.
- Le rendement fromager doit être élevé.
- Absence d'amertume et de friabilité du caillé.
- Longue période d'activité de l'enzyme.

Chapitre III

Généralités sur

les fromages

I. Généralités sur les Fromages

Les fromages sont des formes de conservation et de stockage ancestrales de la matière utile de lait dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont très appréciées (JEANTET *et al* ; 2007). Ils sont issus du lait de vache, chèvre ou brebis. Leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'Homme dans tout le globe (Belbeldi, 2013; Mana, 2017).

Il est probable que les fromages aient été la première fois produite accidentellement en transportant du lait dans des sacs faits d'estomacs de mammifères. Il s'agissait en effet, d'une pratique courante dans les temps anciens, en Europe de l'Est et en Asie de l'Ouest, pour transporter le lait. Certains facteurs ont été certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits d'estomac de plusieurs types d'animaux (ovine, caprin, bovin), mais également des extraits de plantes ont été utilisés pour la préparation de fromages (AbiAzar, 2007).

I.1. Définition de fromage

Le fromage, selon la norme (Codex STAN 283-1978), est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum /caséines ne dépasse pas celui du lait. On l'obtient par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; ou alors par emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage (Jeantetet *al.*, 2007) de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques correspondant à la définition précédente (Eck, 1997).

II. Transformation du lait en fromage

Le fromage est obtenu par la coagulation du lait traité thermiquement (pasteurisation ou stérilisation) ou non (lait cru) (Kongo *et al.*, 2016).

La transformation du lait en fromage comporte trois étapes principales (la coagulation, l'égouttage et l'affinage). (Figure5). Cette dernière étape n'existe pas dans le cas des fromages frais (Evette, 1975). La qualité du lait de fromagerie est fonction de son aptitude à donner un bon fromage, dans des conditions de travail normales, avec un

rendement satisfaisant. Elle dépend d'un certain nombre de caractéristiques du produit tels que sa composition chimique, sa richesse en caséines, sa charge microbienne et la nature de sa microflore, son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de la présure (**Remeufet al., 1991**).

II.1. Coagulation du lait

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet d'expulsion plus ou moins, une grande partie de l'eau et de matière soluble (le sérum). On obtiendra ainsi un caillé ou fromage non affiné (**Lenoir et al., 1983**). Le processus de la coagulation est provoqué par l'action d'un coagulant (riche en chymosine), ajouté à un taux bien défini au lait de fabrication, sous des conditions de température et pH contrôlés (**Boudjenah, 2012**). Elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel des caséines qui flocculent puis se soudent pour former un caillot lactique ou présure, retient selon le cas plus ou moins de matière grasse, de minéraux, d'eau et des éléments solubles, ce qui a une incidence directe sur les rendements fromagers. On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (**Vignola, 2002; Fox et al., 2004; Belitz et al., 2009**).

II.2. Egouttage du coagulum

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, et chimiques du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (**Weber, 1997**).

Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécaniques et thermiques, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matières grasses) (**Ramet, 1997**).

Selon le type d'égouttage effectué, deux catégories de fromages se distinguent : le fromage égoutté en moule et le fromage égoutté en vrac sous forme de pâte où l'égouttage passe avant le moulage (**Eck and Gillis, 2006**).

II.3. Salage

Le salage a un rôle sensoriel, en donnant une saveur marquée au produit, et un rôle Technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation. L'ajout de sel permet également la sélection de la flore de l'affinage. Le

salage se fait avec le sel par saupoudrage, immersion en saumure ou par salage direct du caillé (Michel, 2008)

II.4. Affinage des fromages

A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée. L'affinage est une étape clef pour le développement des qualités spécifiques de chaque fromage. Sous l'action d'enzymes de diverses origines, le caillé est fermenté, hydrolysé et transformé en une pâte d'aspect, de texture, de saveur et d'arôme complètement modifiés. Cette étape dépend de la composition et de la structure du caillé, de la durée d'affinage, de la composition de la flore interne et de la surface ainsi que du contexte environnemental de la cave (contrôlée ou naturelle): aération, humidité et température (Herbert, 1999).

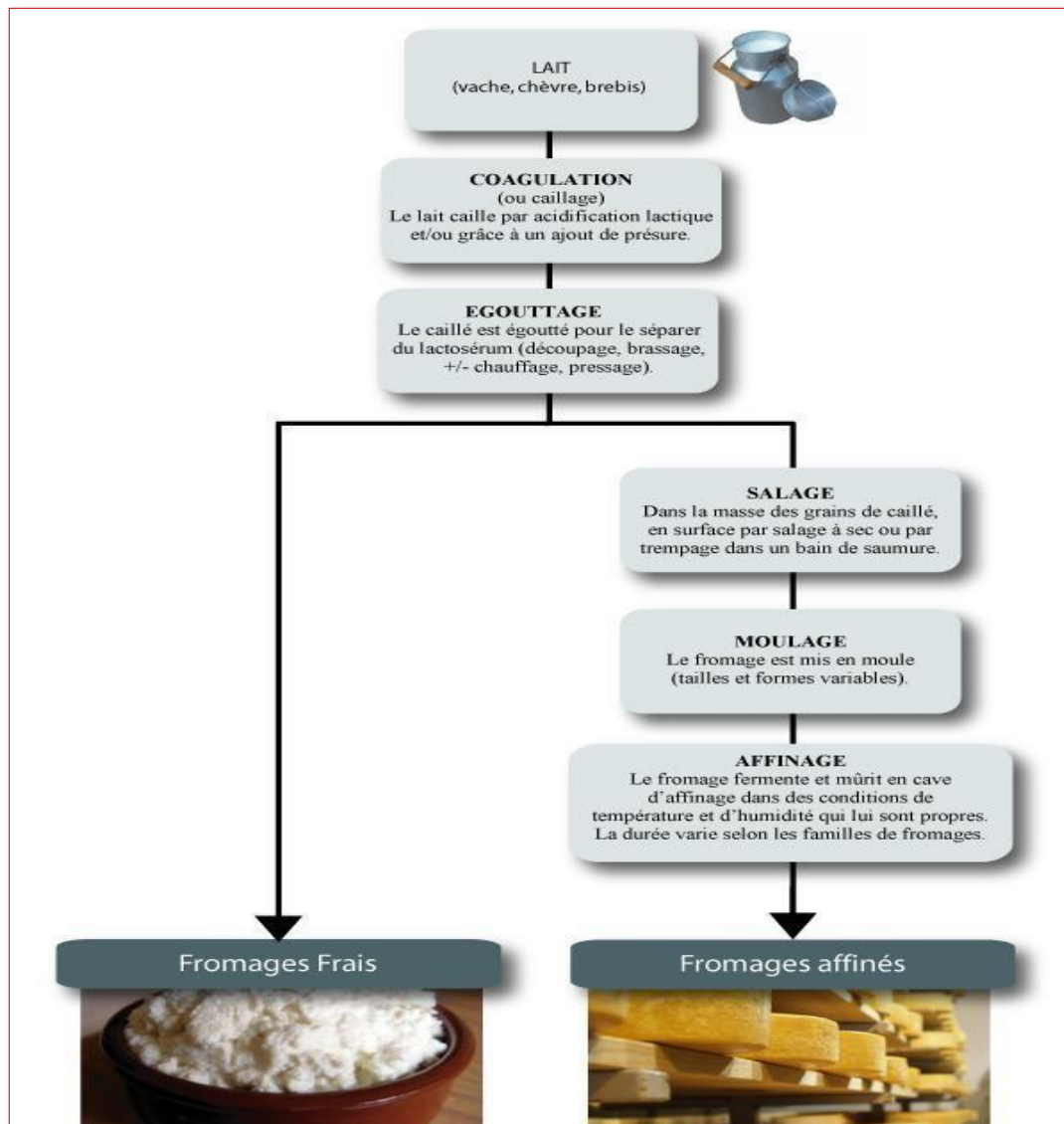


Figure 5. Etapes de fabrication de fromage (Jeantet *et al.*, 2006).

III. Classification des fromages

Il existe de nombreuses méthodes de classification des fromages qui diffèrent entre elles selon le type de critère retenu : le type de lait utilisé, le pays d'origine, la technique de fabrication, le mode d'affinage, l'aspect extérieur, la teneur en eau.

Parmi ces classifications, celle de Steven Jenkins basée sur les caractéristiques généraux du fromage (apparence, mode de production..) et qui décrit huit familles de fromage dont le fromage frais, fromage à croûte soit naturelle, fleuré ou lavée, fromage bleu veiné, fromage non cuit à pâte pressée, fromage cuit et pressé, et enfin le fromage fondu (**Katz et Weaver, 2003; Pradal, 2012**).

D'autre part, la classification des fromages selon la norme internationale (**FAO/OMS, 1978**) du codex alimentaire demeure plus générale. Elle classe les fromages selon trois critères, la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD), et la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MGES), et les principales caractéristiques d'affinage.

- (Formule I): Selon la fermeté qui appartient à l'intervalle de 51 à 69 % d'où la pâte molle évolue jusqu'à la pâte extra dure, cette classification est portée selon la teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD).
- (Formule II): La deuxième classification est classée selon la teneur de la matière grasse par rapport à l'extrait sec total.
- (Formule III): La troisième classification les fromages sont classés en trois catégories différentes selon l'affinité du fromage.

IV. Types des fromages

Les différents types de fromages présentent des caractères spécifiques liés à la fois au mode de coagulation et d'égouttage et à la flore microbienne, qui libère des enzymes responsables de la saveur, de la texture et de l'aspect de la pâte. La diversité des modes de fabrication des fromages et la variété des produits obtenus, ont conduit les spécialistes à des classifications usuelles. La classification la plus explicite est celle de (**Pernodet, 1984**), elle répartit les variétés de fromages en sept grandes familles.

IV.1. Fromages à pâte fraîche

Ce sont des fromages très humides (car peu égouttés), ils sont consommés sans être affinés, additionnés habituellement de sel, d'arômes ou de sucre. Exemple : fromage blanc (**Pernodet, 1984**).

IV.2. Fromages à pâte molle

C'est le produit d'une caillé mixte. Il présente une pâte molle presque fondante due à la protéolyse pendant l'affinage. Cette pâte est revêtue de moisissures blanches de *Penicillium Camemberti*. Exemple: le camembert(**Pernodet,1984**).

IV.3. Fromages à double présentation

Ces fromages sont une transition entre les fromages frais du point de vue de la technologie et de la composition physico-chimique, et les fromages à pâtes molles (à croûte fleurie ou lavée). Leur croûte est le support de cultures fongiques ou bactériennes. Exemple: le Sait Florentin(**Pernodet,1984**).

IV.4. Fromages à pâte persillée

Ce sont des fromages dont la pâte est sillonnée intérieurement de marbrures verdâtres ou bleuâtres, constituées par les filaments mycéliens de la moisissure *Penicillium glaucum*, le plus connu de ces fromages est le Roquefort(**Pernodet,1984**).

IV.5. Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages dont la pâte a subi un pressage mécanique, leur lente maturation leur donne une saveur subtile Exemple: Le Cantal, le Cheddar(**Pernodet,1984**).

IV.6. Fromages à pâte pressée cuite

Ce sont des fromages de gros format, ayant subi un traitement thermique notable. Ils sont caractérisés par la présence d'ouvertures conséquentes au développement de bactérie sporopénoïques. Exemple : l'Emmental, le Gruyère.(**Pernodet,1984**).

IV.7. Autres types de fromages

Dans cette catégorie, sont classées les pâtes filées, le Feta, le Mettons, les fromages séchés, les fromages aromatisés et les fromages de type sarde.(**Pernodet,1984**).

V. Fromage frais

V.1.Définition

Fromage frais à caillé essentiellement lactique, produits très humides et périssables, qui ne sont généralement pas ou très peu affinés. Extrait sec de 30 % à moins de 18 %. Coagulation lente du lait (24 à 30 h) avec pas ou peu de présure (2 à 5 ml pour 100 l) à température base. La pâte est généralement lissée et pour certaines spécialités, on y incorpore des épices ou de la crème fraîche.(**Aurélien, 2010**). Ils résultent de la coagulation

à prédominance lactique du lait, combinant souvent l'action des ferments lactiques et celle de la présure. Ces fromages se caractérisent par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage (Corrieu and Luquet, 2005). Les fromages frais sont prêts à consommer dans les jours, voir les heures qui suivent leur fabrication et sont si jeunes qu'ils ont à peine le temps de laisser se développer la saveur potentielle du lait. Leur goût est donc en général décrit comme lactique ou laiteux, doux, citronné, rafraichissant, acide ou proche de celui des agrumes. (Harbut, 2010).

V.2. Composition et valeur énergétique du fromage frais

Selon la FAO (1995), le fromage frais présente une valeur biologique et Nutritionnelle élevée, (Tableau 5). En raison d'un taux favorable en acides aminés essentiels, notamment les acides aminés soufrés.

Tableau 5. Composition moyenne d'un fromage frais pour 100g (Aissou, et Abbas, 2016).

Constituants	Fromage frais
Eau (g)	80
Glucides (g)	4
Lipides (g)	7.5
Protéines (g)	8.5
Calcium (mg)	100
Sodium (mg)	40
Vitamin A (UI)	170

UI: Unité Internationale

V.3. Procédés de fabrication

La fabrication du fromage frais à partir de lait cru ou pasteurisé suivant des procédures de préparation plus ou moins améliorées. De ce fait, il existe aujourd'hui de nombreuses méthodes de préparation présentées en (Figure 6) (Benkerroum et Tamime, 2004).

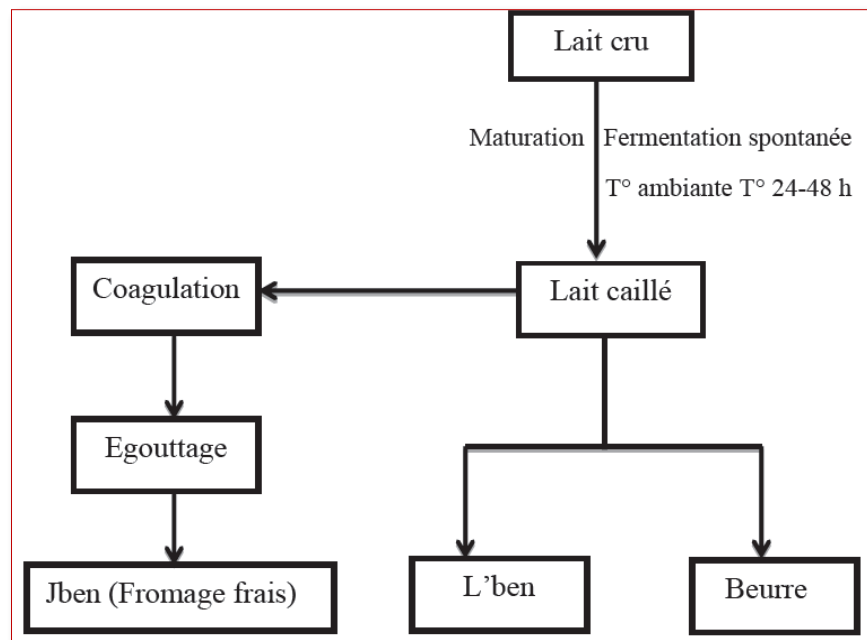


Figure6. Fabrication de produit laitiers traditionnels (Benkerroum et Tamime, 2004)

V.4. Types de fromage frais

Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum, la teneur en matière grasse du lait mise en œuvre et les caractéristiques organoleptiques. Les diverses technologies employées permettent de distinguer les catégories des fromages suivantes : (Ait abdelouahab, 2008).

▪ Les fromages blancs moulés

Le caillé garde son individualité à l'état de blocs ou de grains. Ces fromages sont généralement moulés à la louche tel que le fromage de type faisselle ou compagne.

▪ Les fromages blancs frais à structure homogène

Les fromages blancs frais à structure homogène comportent :

Les fromages à extrait sec faible et texture onctueuse comme les fromages blancs battus ou lissés. Les fromages à extrait sec plus élevé et texture tarti nable comme les petits suisses et les « demi-sel » (souvent aromatisés : ail, fines herbes, poivre...etc.).

VI. Valeurs Nutritionnelles des fromages frais

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes, ils constituent une forme de conservation des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore (Tableau 2) (Eck et Gillis, 2006). Ces différentes composantes qualitatives peuvent être appréhendées et évaluées par des méthodes biologiques (analyse

microbiologique), physicochimiques (texture, composition) et par des méthodes sensorielles (saveur-arôme)(**Awadet al. 2007**).

Autre la qualité nutritionnelle les fromages possèdent également des qualités organoleptiques conditionnent l'appétence et le plaisir que procure la consommation du produit, elles intègrent la couleur, la texture, l'odeur, la saveur et l'arôme.

Partie expérimentale

Matériel et méthode

Les travaux ont été réalisés au niveau du laboratoire pédagogique de la faculté SNV-Hamma Lakhdar d'EL-OUED. Laboratoire interne de la laiterie "Souf-lait" d'El-Oued.

Cette étude a été réalisée durant 3 mois. L'objectif est de faire optimiser l'activité de coagulation enzymatique de "présure ovine". et essai de fabrication du fromage frais à partir du lait en mélange "Lait de camelin et lait de caprin frais".

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel de fabrication du fromage

Dans notre étude, nous avons utilisé : le tamis, le thermomètre, les marmites en aluminium, la présure ovine, ferments lactiques Mésophiles, les moules, la balance.

Les photos de ces matériels de fabrication sont mentionnées dans (**L'Annexe**).

I.2. Matériel biologique

La matière première utilisée pour fabriquer le fromage frais est du lait de camelin frais mélangé à du lait de caprin frais. Le lait frais collecté le même jour ouvrable est préparé dans des fermes proches du lieu de travail.

I.2.1. Lait camelin

Le lait camelin de population SAHRAOUI d'un élevage extensive a été collecté auprès des éleveurs de la région REGUIBA wilaya d'EL OUED. dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.2.2. Lait caprin

Le lait caprin de race ARABIA d'un élevage semi extensive a été collecté auprès des éleveurs de la région HASSI KHALIFA dans wilaya d'El-OUED. Dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.2.3. Lait de bovin

Le lait de bovin a été utilisé à titre comparatif, d'un élevage semi extensive été collecté auprès des éleveurs de la région Robbah dans wilaya d'El-OUED dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.2.4. Substrat de BERRIDGE

Le substrat de BERRIDGE est préparé par reconstitution du lait en poudre récupéré à partir le super marché ce lait est constitué de 12% de poudre (m/v) dans une solution de CaCl_2 (0,01M), (**Annexe 01**) le lait est conservé à 4° pendant une nuit pour assurer

l'équilibre physicochimique et, la stabilité et la réhydratation des micelles d'une part. et d'autre part pour éviter le développement microbien (Benyahia-Krid, 2013).

I.2.5. Présure Microbienne

Origine microbienne:(*Rhizomucormiehei*) I+ activité coagulante: 2.96(Annexe 02)

I.2.6.Ferments mésophiles

Culture mésophile aromatique, type LD. La culture est productrice d'arôme et de CO₂ d'origine *Lactococcus Lactis Subsp. Cremoris*, *Leuconostoc*, *Lactococcuslactissubsp. LactisLactococcuslactissubsp. lactis biovar diacetylactis* (Annexe 02)

I.2.7.Caillette

Caillette ovine: Des caillettes issues d'ovine jeunes (9 mois) a été prélevée au niveau(en présenté dans la figure 07, de la région du HASSI KHALIFA d'EL-OUED auprès des éleveurs puis trans portées dans des boites stériles, à température ambiante et à l'abri de la lumière, jusqu'à l'arrivée au laboratoire où elles ont été lavées à l'eau du robinet, dégraissées, découpées en lanières puis conservées à -18 °C.



Figure 07: Image photographique d'une caillette ovine.

I.3.Matériel et équipements de laboratoire

I.3.1.Appareillage

- ❖ Agitateur (Lab Tech).
- ❖ Bain Marie (Memmert).
- ❖ Balance (KERN).
- ❖ Balance de précision.
- ❖ Centrifugeuse (SiGmA).
- ❖ Congélateur à -10°C.

- ❖ Milco Scan (Master Pro touch).
- ❖ pHmètre (Crison, C3010).
- ❖ Réfrigérateur à + 4°C.

I.3.2. Petits Matériels

Béchers, fioles jaugées, fioles à vide, pipettes graduées, burette de précision, pipette pasteur, Chiffon de filtres, support à tube à essai, ciseau, pissette, tubes à essais stériles, burette graduée à support, compte-goutte, flacons stériles, Aluminium un couteau. Des gants, erlenmeyer, éprouvette graduée, spatule un flacon compte-goutte, entonnoir, une pissette d'eau distillée.

I.4. Produits chimiques

Solvants : acide chlorhydrique (HCl), hydroxyde sodium (NaOH) (**Annexe 01**)

Chlorure de calcium (CaCl₂), acide lactique, acide borique

II. Méthode

II.1. Collecte du lait

Le lait est tiré à partir des camelin, caprins, et bovin en bon état de santé. Il est recueilli proprement dans de bouteilles en plastique neuves et propres. Ces dernières étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de glace. Ensuite congelés à -18 °C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

II.2. Caractérisation physico-chimiques du lait

Les paramètres physico-chimiques mesurés sont : le pH, la densité, la teneur en matière sèche totale ou extrait sec total (EST), la teneur en protéines, Lactose, et Cendre, Toutes les mesures ont été effectuées en 3 essais. (**Annexe03**)

II.2.1. Détermination du pH

Ce test nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Il est réalisé par trempage de pH-mètre dans un bécher contenant 10 ml du lait. La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH-mètre (**AFNOR,1986**).

II.2.2. Détermination des teneurs paramètres physico-chimiques

La détermination des teneurs paramètres physico-chimiques en lactose, matière grasse, densité, Cendre, l'extrait sec total (EST), et protéines

Est réalisée directement après le conditionnement du lait. Ces teneurs sont déterminées en utilisant un milco Scan qui affiche les valeurs sur son écran après avoir plongé son électrode dans un tube contenant l'échantillon de lait (**figure08**).



Figure 8.Milco Scan (Master Pro touch).

II.3.Extraction d'enzyme coagulante (présure ovine) "Protocol Wongho"(Annexe 04)

1.Macération

Dans cette étape, la présure est coupée en petits morceaux après avoir bien lavé la présure avec de l'eau du robinet puis placée dans un récipient en verre ou en inox avec du chlorure d'eau NaCl à une concentration de 6% et d'acide borique avec une concentration de 2% pendant trois jours.

2. Filtration

Le quatrième jour, nous faisons le processus de filtration avec du, compresses stériles, qui sont placés dans des tubes pour la centrifugeuse pendant une période de 20minutes et 1500 tours. Après cela, nous ajustons le pH en ajoutant des gouttes d'acide chlorhydrique HCl(1N), puis laissons une période de 24 heures à température de l'air (1N) HCl.

3. Séparation

Le 5 jour, nous ajustons le pH de 4,7 à 5,5 en ajoutant des gouttes de NaOH (1N), puis en le centrifugeant pendant 20 minutes, et 1500*g après cela, il est placé dans des tubes stériles.

4. Conservation

Dans le dispositif de réfrigération -18 et utilisé au besoin.

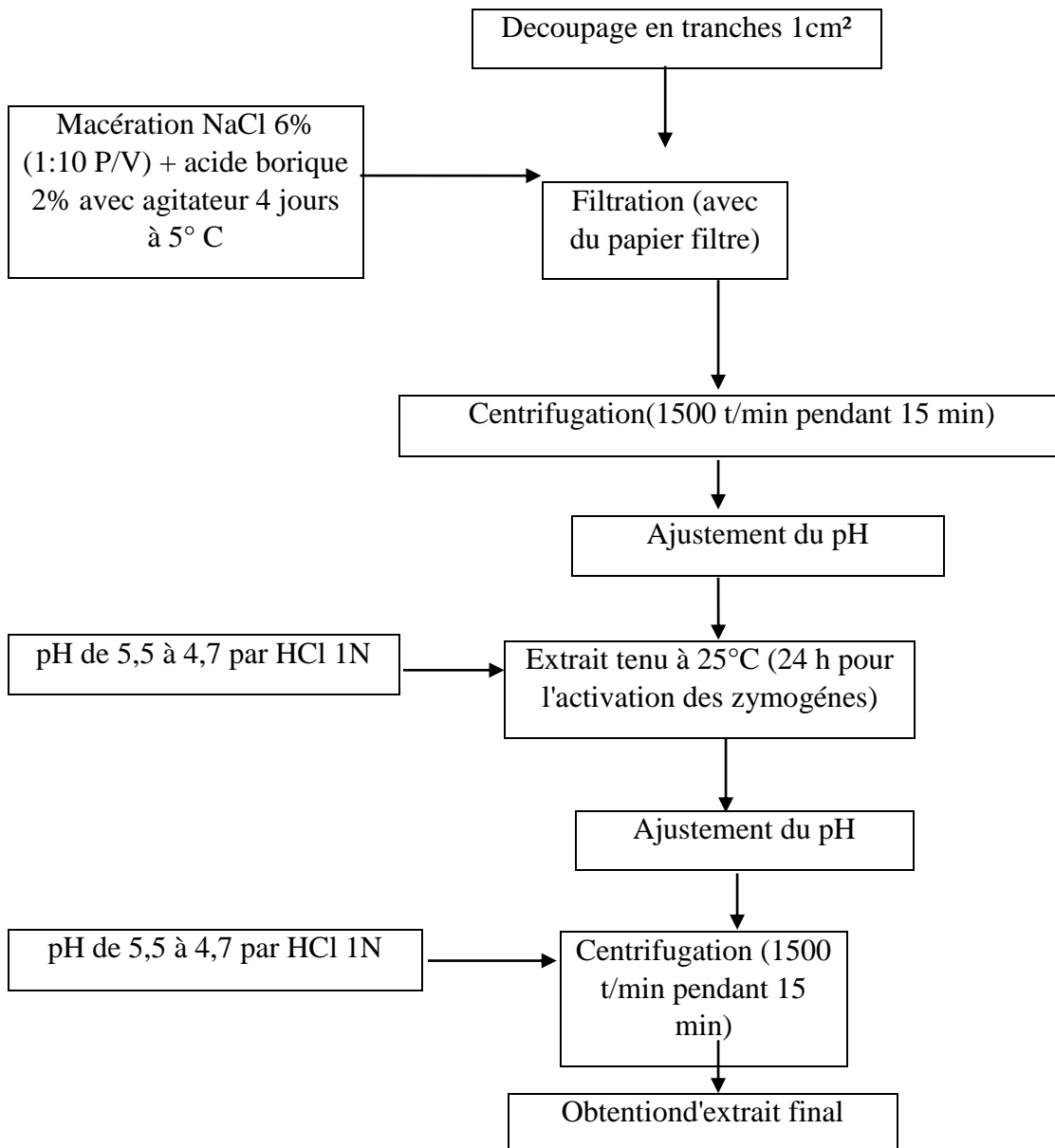


Figure 9. Protocole d'extraction de la présure ovine (Wangoh et al.1993).



Figure 10.L'extrait clarifié de présure ovine.

II.4. Caractérisation de l'extrait enzymatique

II.4.1. Détermination de l'activité coagulante (UP)

L'activité coagulante est déterminée par mesure du temps de floculation du substrat de Berridge. Le temps de floculation est l'intervalle de temps, compris entre le moment de l'emprésurage et l'apparition des premiers flocons de caséines visibles à l'œil nu. L'unité d'activité coagulante (U.A.C) ou l'unité présure est définie par la quantité d'enzyme contenu dans 1ml, qui peut coaguler 10 ml de lait (substrat standard de Berridge: 12% p/v de lait écrémé en poudre dissout dans une solution de CaCl_2 0.01M) en 100 sec à 30°C (Alais,1974).

$$\text{U.A.C.} = 10 \cdot \frac{V}{T} \cdot V'$$

Où

V: volume du lait

V' Volume de l'extrait enzymatique

T : temps de floculation

Un volume de 10ml de lait est versé dans un tube à essai et porté à 30°C dans un bain marie. Au temps zéro, 1ml de la solution enzymatique est ajouté et le chronomètre déclenché. Le tube immergé est maintenu incliné, de telle sorte que le niveau de l'eau soit au-dessus de celui du lait. Il est régulièrement animé d'un mouvement rotatif autour de son axe. Le lait forme ainsi un film mince et homogène. Au moment de la floculation, des petits flocons apparaissent au sein même de ce film.

II.4.2. Détermination du 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). Un volume de 10ml de lait de camelin, lait de caprin, on lait de vache frais et cru est versé dans un tube à essai 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 coagulation compris entre 12 et 15 min, le temps de prise est compris entre 25 et 30 min (FAO, 1990).

II.4.3. Détermination de la force coagulante

La force coagulante (F), est exprimée en unité Soxhlet (US), elle représente le nombre de volumes du lait frais coagulé par un volume de présure, en 40 min à 35°C (Annexe 05).

$$F = 2400.V/T. V$$

V : volume de lait v volume de l'extrait d'enzyme dilué.

T : temps de coagulation en secondes; 2400: 40 x 60 secondes.

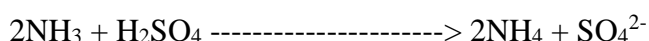
II.4.4. Dosage des protéines

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

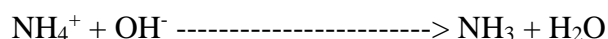
La minéralisation est effectuée à l'aide d'un excès d'acide sulfurique concentré, à chaud et en présence d'un mélange de catalyseur (sulfate de potassium, sulfate de cuivre et de sélénium). En présence d'acide sulfurique concentré et chaud, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote des composés organiques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



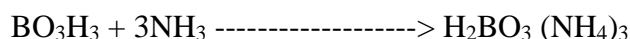
L'azote total est donc obtenu sous la forme minérale NH_4^+ (ion ammonium). Au cours de la minéralisation, l'acide sulfurique est partiellement décomposé et réduit en SO_2 et SO_3 qui forment des fumées blanches irritantes et toxiques.

-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 NaOH à 32%.

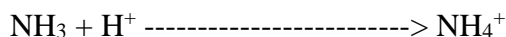


L'ammoniac est récupéré par distillation : on chauffe le minéralisât alcalinisé, le NH_3 se dégage sous forme de vapeurs que l'on condense, que l'on capte par l'acide borique à 4% et que l'on recueille pour le dosage.



-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

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

II.4.5. 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 (Nouaniet *al.*, 2009).

$$\text{Activité spécifique} = \text{activité coagulante} / \text{teneur en protéines}$$

III. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode surface de réponse

Les plans de surface représentent un ensemble de techniques de planification d'expériences qui permettent de mieux comprendre et d'optimiser des réponses (Jin *et*

al.,2014). La méthodologie des surfaces de réponse est souvent utilisée pour mettre au point des modèles une fois déterminés les facteurs les plus importants influençant la réponse étudiée. Une équation décrivant une surface de réponse se différencie de l'équation d'un plan factoriel par l'ajout de termes quadratiques qui permettent de modéliser une courbure dans la réponse (**Rabier 2007 ; Abu Amr et al., 2014**).

La méthode des surfaces de réponses passe par trois étapes : la construction du plan expérimental, la modélisation de la réponse et les représentations graphiques. On peut avoir une bonne approximation de cette relation par un polynôme de second degré qui permet de décrire les phénomènes étudiés (**Ghanbari, 2014**). Il existe deux principaux types de plans de surface : les plans composites centrales et les plans de Box-Behnken(**Goupy et Creighton, 2006, Myers et al., 2009**).

III.1. Plans d'expériences CCD

Le plan composite centrale (CCD) est le plan de surface de réponse le plus utilisé (**Rabier 2007 ; Ghafari et al., 2009**). Ils se prêtent bien au déroulement séquentiel d'une étude. La première partie de l'étude est un plan factoriel complet ou fractionnaire complété par des points au centre pour vérifier la validité du modèle (termes du premier degré et termes d'interactions).

Si les tests de validation sont positifs (la réponse mesurée au centre du domaine est statistiquement égale à la réponse calculée au même point), L'étude s'achève le plus souvent, mais s'ils sont négatifs, on entreprend des essais supplémentaires pour établir un modèle du second degré. Les essais supplémentaires sont représentés par des points d'expériences situés sur les axes de coordonnées et par de nouveaux points centraux.

Les points situés sur les axes de coordonnées sont appelés les *points en étoile* (**Goupy et Creighton, 2006 ; Montgomery 2013 ; Farrokhi et al., 2015**).

Les plans composites présentent donc trois parties (**Figure 11**) :

- Le plan factoriel : c'est un plan factoriel complet ou fractionnaire à deux niveaux par facteurs. Les points expérimentaux sont aux sommets du domaine d'étude.
- Le plan en étoile : les points du plan en étoile sont sur les axes et ils sont, en général, tous situés à la même distance du centre du domaine d'étude.
- Les points au centre du domaine d'étude : On prévoit toujours des points expérimentaux situés au centre du domaine d'étude, et cela aussi bien pour les plans factoriels que pour les plans en étoile. Le nombre total n d'essais à réaliser est la somme des essais du plan

factoriel (nf), des essais du plan en étoile (n α) et des essais au centre (n0). Le nombre n des essais d'un plan composite est donné par la relation(Thuy et Lim, 2011)

$$: n = nf + n\alpha + n0.$$

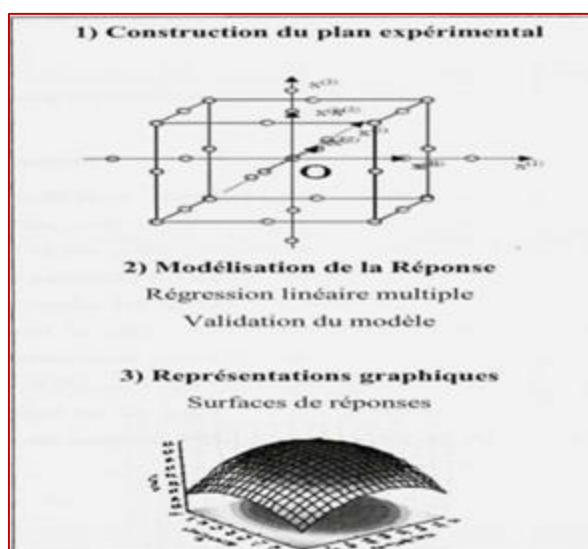


Figure 11.Etapes de la méthodologie de surface de réponse.

Dans ces plans d'expression de travail ont présenté les points minimaux et maximum de deux facteurs pH et T des floculation-coagulation et chaque facteur varie sur 5 niveaux ont été réalisées. Le degré de température et le pH, varient de 30 à 42 C°, et 5 à 6,7 respectivement. (Annexe 06) Ces valeurs sont également choisies en nous basant sur des recherches. Le plan est exécuté et les résultats des essais sont rassemblés dans le (Tableau 6).

Tableau 6.facteurs codés et niveaux du plan d'expérience pour les paramètres de T°C et de pH.

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'expérience à donner 13 essais des floculations -coagulation qui permis de déterminer les relations polynomiales quadratiques entre les variables d'entrée : valeur codé (a) et (b) et la réponse de sortie est valeur non codé pH et température. Le tableau 7rassemble les résultats des essais du plan composite centré (CCD).

Tableau7.Matrice d'expérience du plan composite orthogonale centré à deux facteurs.

Essai	Valeur codés		Valeur non codés	
	A	B	pH	T°C
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	36
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

III.2.Modélisation de réponse

Ce modèle inclut les effets linéaires, les effets d'interaction et les effets quadratiques des facteurs (Equation I.1). Il peut s'écrire de la manière suivante :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \varepsilon$$

Où 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 et ε le terme d'erreur (Chattorajet *al.*, 2014 ; Ghoshet *al.*, 2014). Une fois la modélisation effectuée, il faut valider les modèles obtenus. Pour cela, des paramètres statistiques (ANOVA) sont à considérer tel que : le coefficient de détermination R², la valeur de P.

Finalement, des expériences de confirmations ont été effectuées en trois exemplaires en utilisant les résultats optimisés numériquement pour valider les modèles trouvés. Dans le but d'évaluer la précision des modèles, les résultats expérimentaux observés ont été comparés avec ceux prédits par le modèle (Lessoued, 2018).

III.2.1. Construction des graphes

Les graphiques sont avant tout un outil d'aide à l'interprétation des résultats mais, ils permettent également de manière plus communicative lors d'une réunion de tirer plus

rapidement des conclusions et ainsi d'orienter la poursuite d'une étude (**karam 2004 ; Smaoui et al,2016**). Un des avantages des plans d'expériences est la présentation des résultats sous forme graphique. Un graphique de contour affiche une vue en trois dimensions de la surface, où les points ayant la même réponse sont reliés pour produire des lignes de contour de réponses constantes. Les graphiques de contour permettent d'établir les valeurs de réponses et les conditions d'exploitation souhaitables (**Smaouiet al., 2016**).

III.2.2. Traitement statistique

Il s'agit d'une étape de l'analyse statistique de la variance (ANOVA) des résultats consistant à modéliser les réponses et à valider les modèles obtenus, Cela se fait grâce à l'utilisation du logiciel Minitab19(MinitabInc, State College, Pennsylvanie), les graphes à l'utilisation du logiciel Statistica.

IV. Fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique

D'après nos résultats d'optimisation de l'activité enzymatique dans la présente étude, on a choisi la température et le pH optimal pour chaque formulation.

La fabrication du fromage frais à coagulation enzymatique (**Annexe 07**) est réalisée selon le diagramme exprimé dans la **Figure 12**.

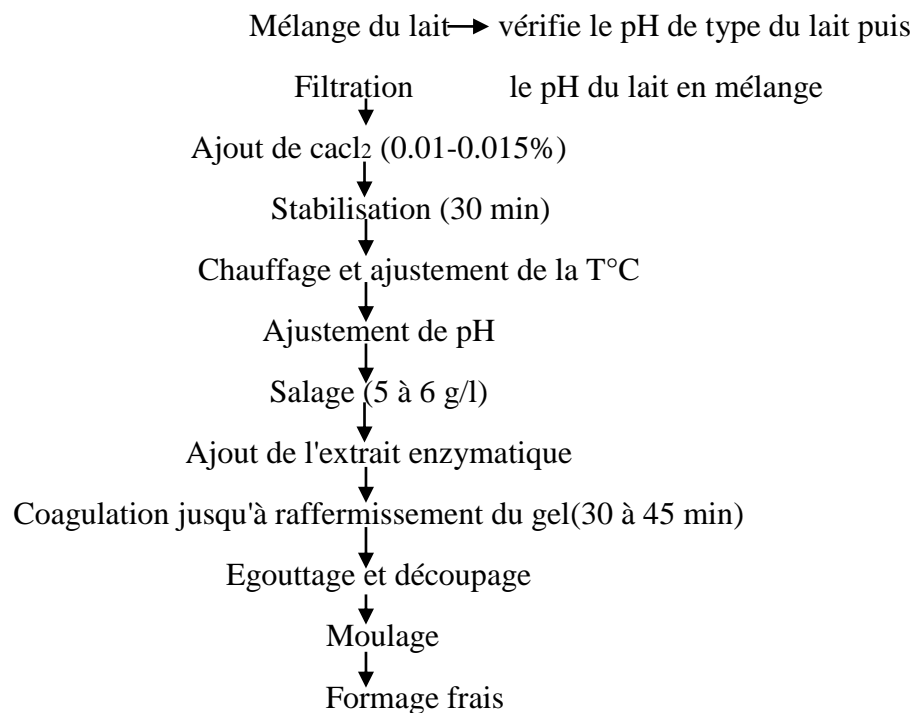


Figure 12.Etapes de la fabrication du fromage frais.

V. Fabrication du fromage frais à coagulation mixte(Annexe 08)

D'après nos résultats de fabrication du fromage à coagulation enzymatique. et Afin d'améliorer le goût de cette formule, nous avons ajouté du ferment mésophiles.

Les étapes dès la fabrication du fromage frais à coagulation mixte est réalisée selon le diagramme exprimé dans la **Figure (13)**.

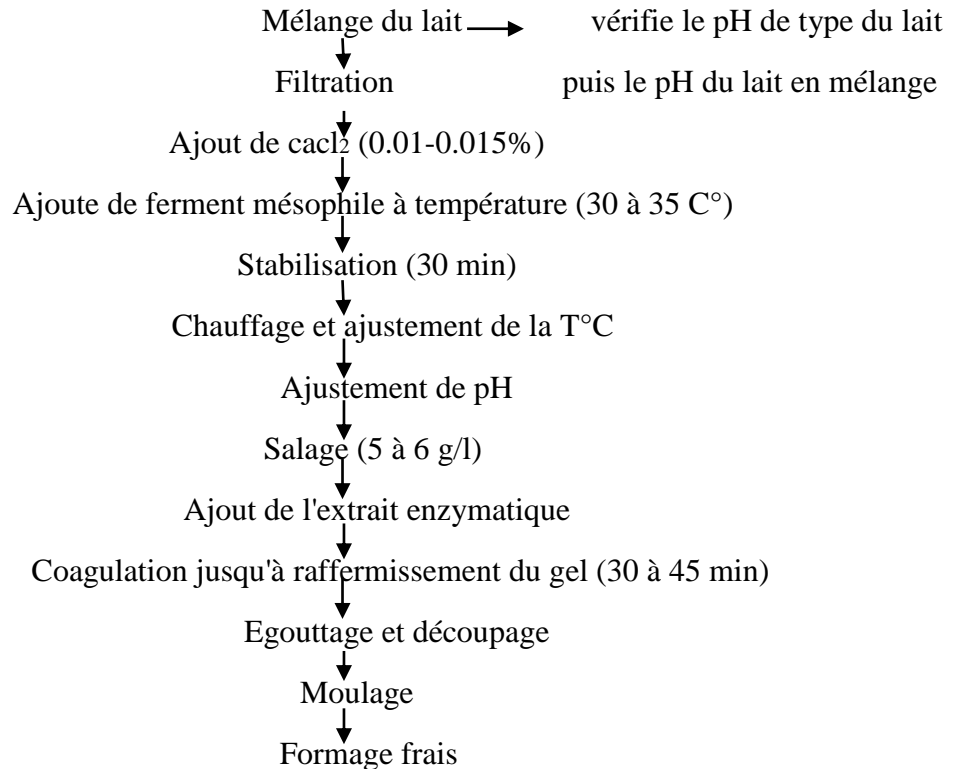


Figure 13.Diagramme de fabrication du fromage frais à coagulation mixte.

VI. Rendement fromagère

Le rendement fromager présente un grand intérêt en industrie fromagère car il reflète globalement comment a été réalisé 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).

$$\mathbf{Rf(\%) = (poids\ du\ fromage / poids\ du\ lait) \times 100}$$

VII. Analyse du profil sensoriel des fromages frais fabriqués à coagulation mixte

L'objectif de l'analyse consiste à donner une description sensorielle du fromage frais de lait camelin et caprin en complément à l'analyse physico-chimique et microbiologique.

✓ Principe (**Berodieret al., 2003**)

Elle consiste à donner à un sujet un échantillon de fromage et les caractéristiques sensorielles sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations.

La caractérisation porte sur :

-Aspect et texture.

-Odeur et arôme.

-gout.

✓ Constitution du jury

Le groupe d'examineur est constitué de 20 personnes 'Etudiants et enseignants'

✓ Mode opératoire (**Berodieret al., 2003**)

Les échantillons de fromage 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 (**Annexe09**) et évaluer les caractéristiques sensorielles.

*Résultat et
Discussion*

Ce travail a pour objectif d'optimiser les paramètres de la coagulation du lait camelin et du lait caprin avec la présure ovine d'un part, et d'autre part, essai de fabrication de fromage frais à différentes formulations et leurs caractérisations sensorielles.

I. Caractérisation physico-chimique du lait (matière première)

Les résultats liés à la détermination des paramètres physiques et chimiques sont présentés dans tableau 8

Tableau8. Résultats d'analyses physico-chimiques du lait camelin, lait caprin et lait bovin.

	Lait camelin	Bibliographie	Lait caprin	Norme (FAO, AFNOR)	Lait bovin (standard)	Norme (FAO, AFNOR)
pH	6.42	6,57 -6,97	6.52	6,3-6,7	6.62	6,5-6,7
Densité	1.0314±0.05	1.029	1.03207±0	1.027-1.035	1.034±0.32	1.025-1.038
Lactose %	5.7±0	34.20	5.4±0.087	/	5.5±0	/
Protéine %	3.8±0.34	3,5	3.6±0	3,5	3.6±0	3.5
Matière grasse %	5.0±0	2,9	2±0	2,85-3,25	2±0	2,85-3,45
Matière sèche %	10.38±0.011	14	9.87±0.005	13,6-14	9.89±0.095	12,8
Cendres%	0.8±0.35	6.79	0.8±0.35	7,7	0.8±0.35	6

D'après les résultats présentés dans le tableau concernant la valeur moyenne du pH du lait camelin collecté est égale à 6,42. Il est légèrement plus acide que le lait bovin analysé qui a un pH de 6,62. Les valeurs du pH du lait camelin relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs tels que **Kihaletal., (1999)** à BECHAR (6.57), **Mahboubetal., (2010)** à Ouargla (6.65), **Souid (2011)** (6.54) et **Boudjenah (2012)** (6.53). Cette caractéristique du pH est due à la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de camelin qui serait à l'origine du pH bas **Saley, (1993)** ; cette particularité lui confère un goût particulier pouvant être masqué par une saveur amère ou acide selon la nature des plantes broutées. D'après **GorbanetIzzeldin(1997)**, le pH et le goût du lait peuvent être affectés par l'alimentation et la disponibilité en eau et le stade de lactation et de l'état sanitaire de la mamelle (**Mathieu,1998**).

Pour le lait caprin, le pH mesuré est égale 6,52. Selon **Remeufetal.,(1989)**, le pH varie de 6,45 à 6,90 avec une moyenne de 6,7. Il diffère légèrement du pH moyen du lait de bovin qui est de 6,6 (**Remeufetal, 1989 ; Jaouen etal, 1990**).

La mesure de la densité a montré une valeur de (1.0314) et (1.03207) pour le lait de camelin et le lait caprin respectivement. Ces valeurs sont proches à celui du lait bovin(1.0337). Elle est comparable à celles rapportées par **Kamoun, (1995); Abidi, (2001); Siboukeur, (2007); Mahboub, (2010)** soit respectivement 1.028 ± 0.002 , 1.020 ± 0.004 , 1.023 ± 0.0045 et 1.027 ± 0.006 . La densité dépend directement de la teneur en matière sèche qui est liée fortement à la fréquence de l'abreuvement.

Puisque la densité du lait de caprin est relativement stable et se situe selon la **FAO, (1990)** entre 1,027 à 1,035 inférieure à celle du lait de vache 1,036.

Les résultats consignés dans le tableau 8, teneur en lactose du lait camelin est (5.7%) et du lait caprin et du lait bovin dans les mêmes valeurs (5.4%). On remarque que le lait camelin a une teneur en lactose plus élevée que celle du lait bovin. Le lait caprin a une teneur en lactose similaire à celle montrée pour le lait bovin. La valeur moyenne relevée pour la teneur en protéine de lait caprin est de (3.6 %), cette valeur réplique au lait de bovin. Par rapport à d'autres études sur le lait de caprin, **Remeuf et Lenoir, (1985)** avec 27g/l et **Vassal et al., (1994)**avec 27g/l **Raynal-Ljutovac et al., (2008)** avec 26g/l. Ces variations sont attribuées à la saison, au stade de lactation et au l'alimentation. **Wangoh, (1997);Haddadin et al.,(2007)** ont observé que le taux protéique augmente en saison pluviale, alors que **(Zelege, 2007)** a noté un taux élevé en période sèche.

II. Caractérisation de l'extrait enzymatique (présure ovine)

Le tableau 9 présente des différentes caractéristiques de la présure ovine en comparaisant avec la présure microbienne.

Tableau9. Principales caractéristiques de la présure ovine et la présure microbienne.

Paramètres	Présure ovine	Présure commerciale (microbienne)
Activité coagulante (UP/ml)	3.109233 ± 0.417471	$2,96\pm 2,93$
Force coagulante UAC	1/1000	1/50000
Teneur en protéine (mg/ml)	16	15
Activité spécifique (UP/mg)	0,194	0.197
Temps de coagulation (s)		
Lait camelin	217.23 ± 29.17992	$96\pm 3,43$
Lait caprin	159.96 ± 32.49337	$12,64\pm 8,42$
Lait bovin	133.4667 ± 25.44002	$89\pm 0,1$

II.1. Activité coagulante

Les résultats de mesure de l'activité coagulante, exprimée par le nombre d'unité de présure (UP) a permis l'obtention d'un temps de floculation, Ce temps nous a permis de calculer l'activité coagulante, égale à 3.109233UP/ml. Cette activité coagulante est supérieure à celle trouvée par la présure commerciale qui a pris un temps de floculation, avec une activité coagulante égale à 2.963 UP/ml. Nos résultats sont supérieurs de ceux apportés par **(Bouloussa et Mahmoudi, 2020)**.

II.2. Force coagulante

La force coagulante de notre extrait enzymatique brut obtenu à partir de caillette de ovine est de 1/1000 .cette valeur est largement inférieures à celle rapportée par la présure commerciale est de 1/50000, et supérieure à celle trouvée par **Hamzioui et Bariz, (2008)**, qui est de 1/1224, ainsi que celle obtenue par **Outaleb,(2006)** et **Benaicha et Sahi, (2009)**, qui est de 1 /1200 **Belhamich, (2005)** au cours d'une étude réalisée sur l'extraction la purification et la caractérisation de la coagulas de *Mucor Pusillus*a obtenu une force de coagulation de 1/1200.

II.3. Teneur en protéine

Le dosage des protéines de présure ovine obtenu est de 16 mg/ml élevée que celle de la présure microbienne est 15 mg/ml. Concentration en protéines qui à voisine les 35 mg / ml **Slamani et al., (2015)** Ces résultats semblent en accord avec les résultats de **(Fox et al, 1977)**,et **(Virto et al, 2003)**.

II.4. Activité spécifique

L'activité spécifique (exprimée en UP/mg) est le rapport entre l'activité coagulante et le taux de protéines de cet extrait enzymatiques. Les résultats sont presque similaires entre là l'enzyme de présure ovine et le présure commerciale (0,194) (0,195) respectivement.

II.5. Temps de coagulation

Le temps de coagulation de la présure ovine sur les trois types de lait. Sur le lait de bovin est de temps de (133.4667 ± 25.44002s), et (217.23 ± 29.17992s) et (159.96 ± 32.49337s) sur le lait de camelin et lait de caprin respectivement le résultat de mesure de temps de coagulation. On à note également que l'activité de coagulation du lait avec présure ovine est rapide avec le lait de bovin.

III. Optimisation des paramètres (pH, T°C) de floculation et coagulation par la méthode de surface de réponse

III.1. Temps de réponse de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

Le tableau 10 présente le temps de floculation des différents couples (pH et T°C) avec la présure ovine en comparaisant avec la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.

Tableau 10. Temps de réponse de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

Valeur non codes			Réponse temps de floculation					
Essai	pH	T°C	Lait camelin (100%)		Lait caprin (100%)		Lait bovin (100%)	
			PO	PL	PO	PL	PO	PL
1	5.85	42	11.14	11.30	8.15	9.58	17.42	6.00
2	.585	36	10.74	17.77	14.67	13.71	11.33	9.29
3	6.451	31.757	29.91	22.68	21.75	10.58	53.83	14.57
4	6.451	40.242	27.55	12.17	29.25	9.45	58.07	7.70
5	5.85	36	5.26	14.50	19.51	14.00	11.63	8.11
6	5.248	40.242	20.52	14.39	10.09	12.08	13.50	5.50
7	5.85	36	13.71	11.20	17.27	13.37	5.98	12.23
8	6.70	36	24.75	14.90	47.38	16.16	75.08	19.80
9	5.85	36	14.12	12.99	15.18	11.50	6.62	8.50
10	5.85	30	28.05	20.15	22.67	10.93	24.19	12.67
11	5	36	43.00	6.60	30.57	11.04	9.67	29.93
12	5.85	36	10.62	12.68	19.96	13.52	5.79	11.19
13	5.248	31	39.97	9.38	49.34	10.39	18.98	6.70

PO: présure ovine, PL: présure commerciale (microbienne)

- **Lait camelin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspond ces couples (5/36°C),(5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de floculation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Lait caprin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspond ces couples (5.248/31°C),(5.85/42°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de floculation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Lait bovin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspondent ces couples (6.70/36°C),(5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de floculation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

III.2. Modélisation de la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

III.2.A. Equation de régression

Objectif pour trouver l'équation de régression optimale pour le modèle (après avoir exclu les termes non significatifs pour l'effet linéaire, carré ou interactionnel), ces résultats sont résumés présente Tableau 11.

Tableau 11.Régression et équation de réponse de la floculation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne)

Floculation	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
	Lait camelin (100%)	PO	91.31%	$Y = 1909 - 29.92 T + 32.86 \text{ pH} * \text{pH} + 0.2600 T * T$	0.89
		PL	78.53%	$Y = -343 + 97.5 \text{ pH} + 3.81 T - 1.534 \text{ pH} * T$	1
	Lait caprin (100%)	PO	92.74%	$Y = 1932 - 24.02 T + 29.88 \text{ pH} * \text{pH} + 4.354 \text{ pH} * T$	1
		PL	56.73%	$Y = -165 - 0.0976 T * T$	1
	Lait bovin (100%)	PO	97.52%	$Y = 2109 - 564.8 \text{ pH} + 49.31 \text{ pH} * \text{pH} + 0.3667 T * T$	1
PL		58.53%	$Y = 234 + 14.89 \text{ pH} * \text{pH}$	1	

D: désirabilité, R²: coefficient de régression, PO: présure ovine, PL: présure commerciale (Microbienne).

Ensuite, nous analysons les résultats afin de déterminer l'équation.

- **Lait camelin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (91.31%). Cette valeur est supérieure à celle trouvé avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait camelin comparativement à l'autre.

- **Lait caprin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (91.31%). Cette valeur est supérieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait caprin comparativement à l'autre.

- **Lait bovin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (97.52%). Cette valeur est supérieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait bovin comparativement à l'autre.

Enfin, notre présure ovine réagit mieux avec le lait bovin comparativement avec d'autres lait. Pour la présure microbienne réagit mieux avec le lait camelin.

III.2.B. Coefficient de régression

Le tableau 12 détermine la valeur de p de savoir s'il y a un effet du pH et de T°C sur la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale.

Tableau 12.Modélisation de la réponse de temps de floculation

Enzyme	Coefficient de régression	Lait camelin (100%)	Lait caprin (100%)	Lait bovin (100%)
PO	b₀	0.001	0.001	0.000
	b₁	0.064	0.150	0.000
	b₂	0.021	0.005	0.572
	b₁₁	0.000	0.000	0.000
	b₂₂	0.026	0.674	0.007
	b₁₂	0.079	0.001	0.481
PL	b₀	0.027	0.225	0.200
	b₁	0.027	0.462	0.823
	b₂	0.044	0.662	0.310
	b₁₁	0.283	0.906	0.043
	b₂₂	0.272	0.028	0.257
	b₁₂	0.017	0.559	0.604

PO: présure ovine, **PL:** présure commerciale (Microbienne)

✓ **Effet du pH et du T°C sur la floculation de camelin**

On a obtenu une valeur de p du coefficient b_2 inférieure à 0.05. Donc il y a un effet linéaire significatif de la température avec le lait camelin par PO. ainsi que le lait camelin avec PL. en ce qui concerne une valeur de p du coefficient de régression b_1 inférieure à 0,05 nous disons qu'il y a un effet linéaire significatif de pH sur la floculation avec PL. Quant au une valeur de p les coefficients de régression b_{22} et b_{11} inférieure 0,05, il y a d'effet quadratique significatif de pH et T°C sur le lait chamelle avec PO. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C sur le lait camelin avec PL.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la floculation de caprin**

En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_2 , b_{11} inférieur à 0.05. Ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de pH et T°C avec le lait caprin par PO sur le lait caprin avec PO. Quant au une valeur de p du coefficient de régression b_{22} inférieure 0.05, il y a d'effet quadratique significatif de T°C avec le lait caprin par PL. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec le lait caprin par PO.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la floculation de bovin**

On a obtenu des valeurs de p des coefficients de régression b_1 , b_{11} , b_{22} inférieur à 0.05. Ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de pH et T°C sur le lait vache avec PO. Quant au le coefficient de régression b_{11} présente une valeur de p inférieure à 0.05, il y a d'effet quadratique significatif de pH sur le lait vache avec PL.

III.2.C. Points optimums de la floculation

Tableau 13.Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.

	Lait	Enzyme	Température optimal	pH optimal
Floculation	Lait camelin	PO	38°C	5.89
		PL	30°C	5
	Lait caprin	PO	42°C	5.34
		PL	30°C	5
	Lait bovin	PO	36.36°C	5.48
		PL	42°C	5.99

III.2.D. Graphique de surface du temps de floculation

Les surfaces de réponse sont des représentations graphiques à trois dimensions de la réponse du système étudié en fonction de deux paramètres, le troisième étant fixé à son niveau zéro (central). Ce type de représentation permet de rechercher des régions expérimentales pour lesquelles la réponse est optimale.

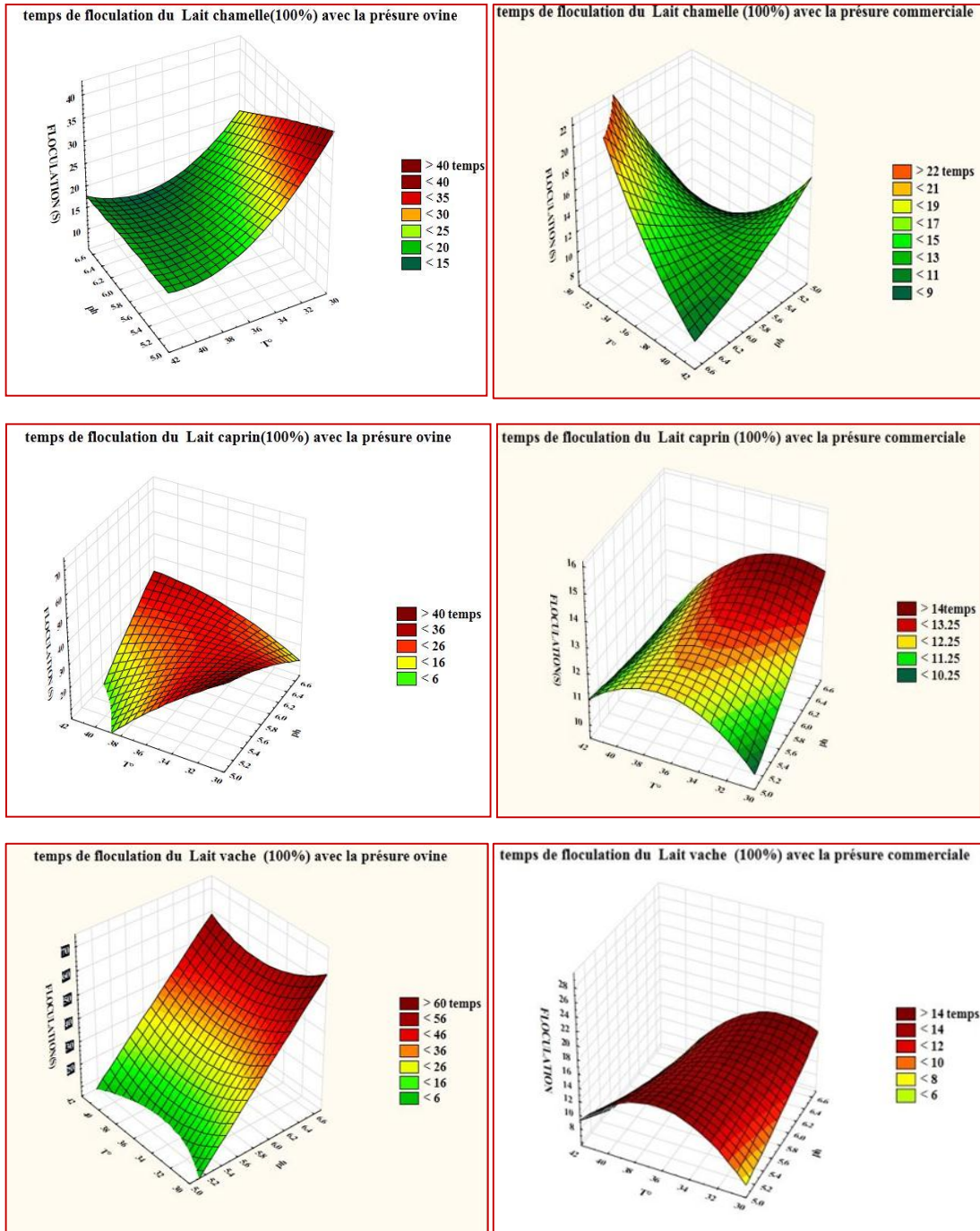


Figure14.Graphique de surface du temps de floculation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).

III.3. Temps de réponse de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

Le tableau 14 présente le temps de coagulation des différents couples (pH et T°C) avec la présure ovine en comparaisant avec la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.

Tableau 14: Temps de réponse de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

Valeur non codes			Réponse temps de coagulation					
Essai	pH	T°C	Lait camelin (100%)		Lait caprin (100%)		Lait bovin (100%)	
			PO	PL	PO	PL	PO	PL
1	5.85	42	27.02	21.27	15.50	19.03	10.46	13.90
2	.585	36	28.10	28.12	10.21	17.82	5	25.33
3	6.451	31.757	58.22	11.37	16.96	21.74	29.89	34.27
4	6.451	40.242	36.23	32.13	24.56	23.53	15.10	17.15
5	5.85	36	34	36.35	12.79	13.93	9.22	22.71
6	5.248	40.242	35.81	31.18	11.37	13.06	8.21	15.59
7	5.85	36	28.87	28.00	18.84	16.96	5.61	16.64
8	6.70	36	54.76	36	40.21	22.86	32.80	14
9	5.85	36	34.87	32.56	19.81	16.53	9.97	13.80
10	5.85	30	52.83	25.17	11.54	14.96	10	27.06
11	5	36	47.85	19.38	21.44	16.82	10.04	7.98
12	5.85	36	33.70	30	11.30	21.50	6.79	10.16
13	5.248	31	64.35	61.09	16.81	17.18	11.40	31.87

PO: présure ovine, PL: présure commerciale (Microbienne)

- **Lait camelin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de coagulation qui correspond ces couples (5.548/31°C),(5.85/42°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps minimal de coagulation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Lait caprin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de coagulation qui correspond ces couples (6.70/36°C),(5.58/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de coagulation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Lait bovin**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de coagulation qui correspond ces couples (6.70/36°C),(5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps minimal de coagulation observé avec la présure ovine est similaire à celle trouvé par la présure microbienne.

III.4. Modélisation de la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin

III.4.A. Equation de régression

Objectif pour trouver l'équation de régression optimale pour le modèle (après avoir exclu les termes non significatifs pour l'effet linéaire, carré ou interactionnel), ces résultats sont résumés présente

Tableau15.Régression et équation de réponse de la coagulation de trois types du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne).

	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
Coagulation	Lait camelin (100%)	PO	95.34%	Y= 1493 - 23.68 T + 28.33 pH*pH + 0.2679T*T	1
		PL	50.31%	Y= 1089 + 4.94 pH*T	1
	Lait caprin (100%)	PO	82.15%	Y= 736 - 256.2 pH + 18.64 pH*pH	1
		PL	66.45%	Y= 216 - 58.1 pH	0.96
	Lait bovin (100%)	PO	93.41%	Y= 481 - 171.7 pH + 19.14 pH*pH	0.97
		PL	59.10%	Y= 178 -15.0 T	0.86

D: désirabilité, R²: coefficient de régression, PO: présure ovine, PL: présure commerciale(Microbienne).

- **Lait camelin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (95.34%). Cette valeur est supérieure à celle trouvé avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait camelin comparativement à l'autre.

- **Lait caprin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (82.15%). Cette valeur est supérieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait caprin comparativement à l'autre.

- **Lait bovin**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (93.41%). Cette valeur est supérieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au lait bovin comparativement à l'autre.

Enfin, notre présure ovine réagit mieux avec le lait camelin comparativement avec d'autres lait. Pour la présure microbienne réagit mieux avec le lait caprin.

III.4.B. Coefficient de régression

Le tableau 16 détermine la valeur de p de savoir s'il y a un effet du pH et de $T^{\circ}C$ sur la coagulation du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale.

Tableau 16. Modélisation de la réponse de temps de coagulation

Enzyme	Coefficient de régression	Lait camelin (100%)	Lait caprin (100%)	Lait bovin (100%)
PO	b_0	0.000	0.015	0.001
	b_1	0.318	0.012	0.000
	b_2	0.000	0.559	0.069
	b_{11}	0.000	0.006	0.000
	b_{22}	0.008	0.304	0.216
	b_{12}	0.638	0.163	0.081
PL	b_0	0.325	0.108	0.192
	b_1	0.504	0.015	0.592
	b_2	0.647	0.603	0.034
	b_{11}	0.881	0.228	0.706
	b_{22}	0.782	0.843	0.190
	b_{12}	0.044	0.272	0.864

PO: présure ovine, PL: présure commerciale (microbienne).

✓ **Effet du pH et du $T^{\circ}C$ sur la coagulation de camelin**

On a obtenu des valeurs de p coefficients de régression, b_{11} , b_2 , b_{22} des valeurs de p inférieur 0,05. Ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de pH et

T°C avec le lait camelin par PO. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec le lait camelin par PL.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la coagulation de caprin**

On a obtenu une valeur de p du coefficient b_1 inférieure à 0.05. Donc il y a un effet linéaire significatif de pH avec le lait caprin par PO. ainsi que le lait caprin avec PL. Quant au une valeur de p du coefficient de régression b_{11} inférieure 0,05, il y a un effet quadratique significatif de pH avec le lait caprin par PO. Nous concluons que la coagulation de lait caprin avec PO et PL est affecté seulement par la variation T°C.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la coagulation de bovin**

Des valeurs de p les coefficients de régression b_1 , b_{11} inférieure à 0,05 Nous concluons qu'il y a un effet linéaire et quadratique significatif de pH avec le lait bovin par PO. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_2 inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet linéaire significatif de T°C avec le lait bovin par PL.

III.4.C. Points optimums de la coagulation

Tableau 17.Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale du lait camelin, lait caprin et lait bovin.

	Lait	Enzyme	Température optimale	pH optimal
Coagulation	Lait camelin	PO	40.66°C	5.78
		PL	30°C	6.7
	Lait caprin	PO	30°C	5.82
		PL	42°C	5
	Lait bovin	PO	37.27°C	5.56
		PL	39.09°C	5

III.4.D. Graphique de surface du temps de coagulation

Les surfaces de réponse sont des représentations graphiques à trois dimensions de la réponse du système étudié en fonction de deux paramètres, le troisième étant fixé à son niveau zéro (central). Ce type de représentation permet de rechercher des régions expérimentales pour lesquelles la réponse est optimale.

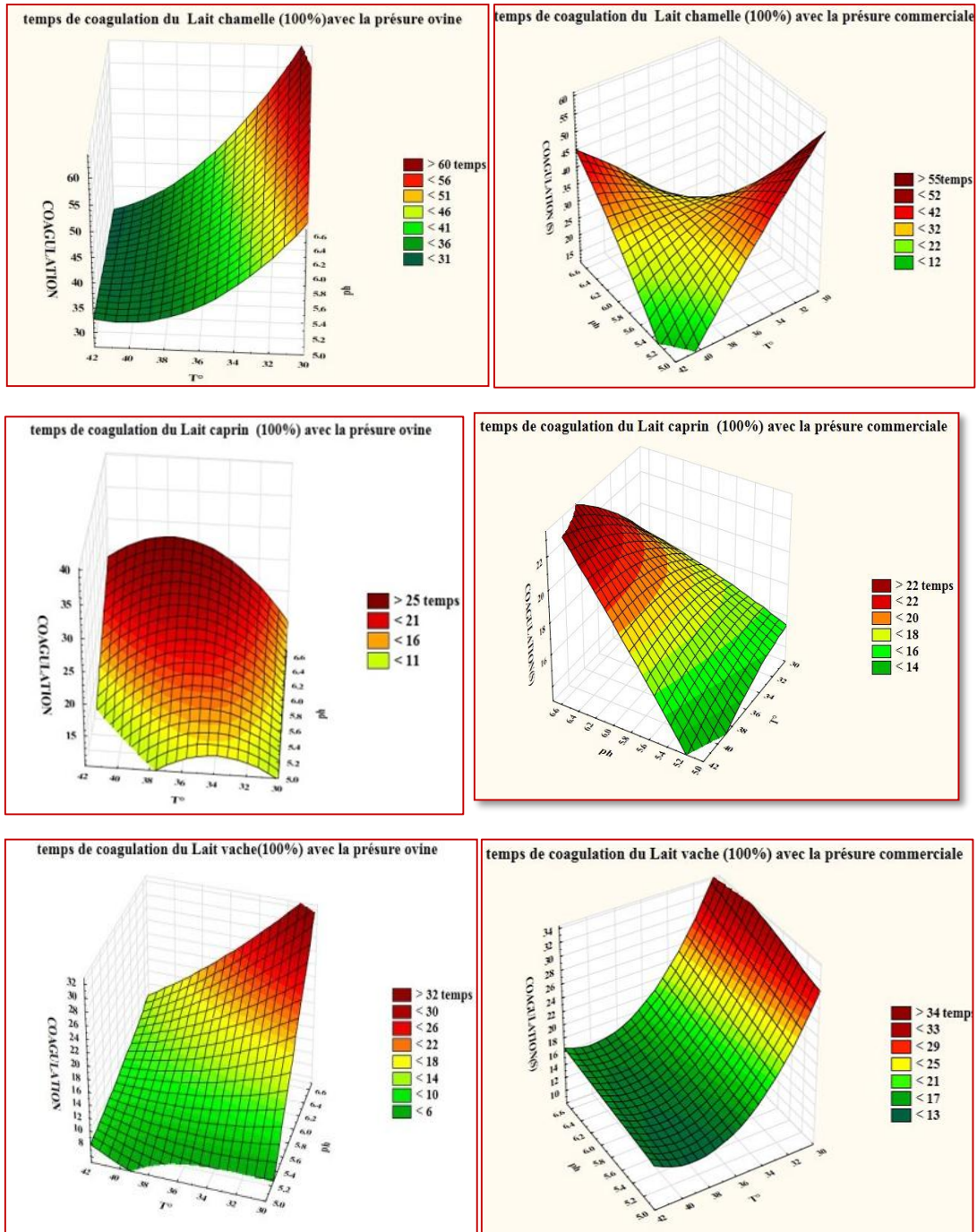


Figure15. Graphique de surface du temps coagulation de trois types du lait camelin, caprin, et bovin avec la présure ovine et la présure commerciale (Microbienne).

III.5. Temps de réponse de la floculation des trois formulations

Le tableau 18 présente le temps de floculation des différents couples (pH et T°C) avec la présure ovine en comparant avec la présure commerciale des trois formulations.

Tableau18.Temps de réponse de la floculation des trois formulations

Valeur non codes			Réponse temps de floculation					
Essai	Ph	T°C	F1		F2		F3	
			PO	PL	PO	PL	PO	PL
1	5.85	42	8.42	9.35	10.70	8.52	7.82	6.60
2	.585	36	11.56	9.94	11.03	9.50	7.28	7.85
3	6.451	31.757	26.18	15.44	10.59	16.57	15.11	21.04
4	6.451	40.242	6.59	8.39	10.69	7.59	9.78	6.67
5	5.85	36	10.12	16.04	12.82	6.95	5.41	9.60
6	5.248	40.242	18.75	6.11	13.48	5.61	5.69	9.89
7	5.85	36	8.07	12.41	6.65	8.26	7.38	9.33
8	6.70	36	16.43	17.93	13.10	9.06	11.29	16.69
9	5.85	36	9.13	10.78	10.62	7.20	7.78	9.31
10	5.85	30	15.09	11.12	10.59	12.45	14.71	16.31
11	5	36	14.79	10.33	7.16	4.11	13.86	7.48
12	5.85	36	9.89	15.86	12.69	7.77	10.57	10.01
13	5.248	31	10.32	9.93	7.01	8.73	17.43	13.30

F1: formulation 75% lait camelin /25% lait caprin, **F2:** formulation 50% lait camelin /50% lait caprin. **F3 :** formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin, **PO:** présure ovine, **PL:** présure commerciale

Les résultats du tableau ci-dessus rapportent les observations suivantes

- **Formulation F1**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspond ces couples (6.45/31.757°C), (6.45/40.242°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de floculation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Formulation F2**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspond ces couples (5.248/40.248°C), (5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal et le temps minimal de floculation observé avec la présure ovine est similaire à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Formulation F3**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de floculation qui correspond ces couples (5.248/31°C), (5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal et le temps minimal de floculation observé avec la présure ovine est similaire à celle trouvé par la présure microbienne.

III.6. Modélisation de la floculation des trois formulations

III.6.A. Equation de régression

Objectif pour trouver l'équation de régression optimale pour le modèle (après avoir exclu les termes non significatifs pour l'effet linéaire, carré ou interactionnel), ces résultats sont résumés présente (Tableau19)

Tableau19.Régression et équation de réponse de la floculation de trois formulations avec la présure ovine et la présure commerciale

	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
Floculation	F1	PO	96.46%	Y= -103.2 + 9.01 T + 9.60 pH*pH + 0.0853 T*T - 2.696 pH*T	1
		PL	68.14%	Y= -200 + 16.7 pH	1
	F2	PO	64.59%	Y= -225.3 + 45.4 pH + 5.32 T - 2.01 pH*pH - 0.0259 T*T - 0.560 pH*T	1
		PL	86.20%	Y= -64.3 + 40.9 pH - 2.67 T + 0.0806 T*T	1
	F3	PO	86.35%	Y= 486 - 10.53 T + 6.59 pH*pH + 0.0968 T*T	1
		PL	95.18%	Y= 30.5 - 6.8 pH + 0.22 T + 4.31 pH*pH + 0.0739 T*T - 1.104 pH*T	1

F1 : formulation 75% lait camelin /25% lait caprin, **F2**: formulation 50% lait camelin /50%lait caprin. **F3** : formulation75% lait caprin /25 % lait camelin, **PO**: présure ovine, **PL**: présure commerciale

- **Formulation F1**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (96.46%). Cette valeur est supérieure à celle trouvé avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au F1 comparativement à l'autre.

- **Formulation F2**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (64.59%). Cette valeur est inférieure à celle trouvé avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité plus moins au F2 comparativement à l'autre.

• **Formulation F3**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (86.35%). Cette valeur est inférieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité plus moins au F3 comparativement à l'autre.

Enfin, notre présure ovine réagit mieux avec F1 comparativement avec d'autres lait. Pour la présure microbienne réagit mieux avec F3.

III.6.B. Coefficient de régression

Le tableau 20 détermine la valeur de p de savoir s'il y a un effet du pH et de T°C sur la floculation du lait camelin, lait caprin et lait bovin avec la présure ovine et la présure commerciale.

Tableau 20.Modélisation de la réponse de temps de floculation

Enzyme	Coefficient de régression	F1	F2	F3
PO	b_0	0.000	0.127	0.006
	b_1	0.198	0.091	0.979
	b_2	0.001	0.204	0.002
	b_{11}	0.000	0.262	0.013
	b_{22}	0.017	0.443	0.041
	b_{12}	0.000	0.095	0.216
PL	b_0	0.093	0.006	0.000
	b_1	0.034	0.006	0.001
	b_2	0.090	0.005	0.000
	b_{11}	0.906	0.445	0.016
	b_{22}	0.077	0.035	0.026
	b_{12}	0.628	0.063	0.002

Effet Significatif ($P < 0.05$), **F1**: formulation 75% lait camelin /25% lait caprin, **F2**: formulation 50% lait camelin /50% lait caprin. **F3** : formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin, **PO**: présure ovine **PL**: présure commerciale

✓ **Effet de pH et T°C sur la floculation de F1**

On a obtenu une valeur de p du coefficient b_2 inférieure à 0.05. Donc il y a un effet linéaire significatif de pH avec F1 par PO. En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_2 , b_{11} , b_{22} inférieure à 0.05 ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire

et quadratique significatif de pH et T°C avec la formulation par PO. Une valeur de p du coefficient de régression b_1 inférieure à 0.05 nous concluons qu'il y a effet linéaire significatif de pH avec la formulation par PL. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec la formulation par PO.

✓ **Effet de pH et T°C sur la floculation de F2**

En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_1, b_2, b_{22} inférieur à 0,05. Ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de pH et T°C avec la formulation par PL.

✓ **Effet de pH et T°C sur la floculation de F3**

On a obtenu une valeur de p du coefficient de régression b_2 inférieure à 0.05 nous concluons qu'il y a effet linéaire significatif de T°C avec la formulation par PL. En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_2, b_{11}, b_{22} inférieur à 0.05 ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de pH et T°C avec la formulation par PO. ainsi que sur la formulation avec PL. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec la formulation par PL.

III.6.C. Points optimums de la floculation

Tableau 21.Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale des trois formulations.

	Lait	Enzyme	Température optimal	pH optimal
Floculation	F1	PO	42 °C	6.63
		PL	42°C	5
	F2	PO	30°C	5
		PL	35.81°C	5
	F3	PO	40.30°C	5.68
		PL	42°C	6.16

F1: formulation 75% lait camelin/25% lait caprin, **F2:** formulation 50% lait camelin /50%lait caprin. **F3:** formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin.

III.6.D. Graphique de surface du temps de floculation

Les surfaces de réponse sont des représentations graphiques à trois dimensions de la réponse du système étudié en fonction de deux paramètres, le troisième étant fixé à son niveau zéro (central). Ce type de représentation permet de rechercher des régions expérimentales pour lesquelles la réponse est optimale.

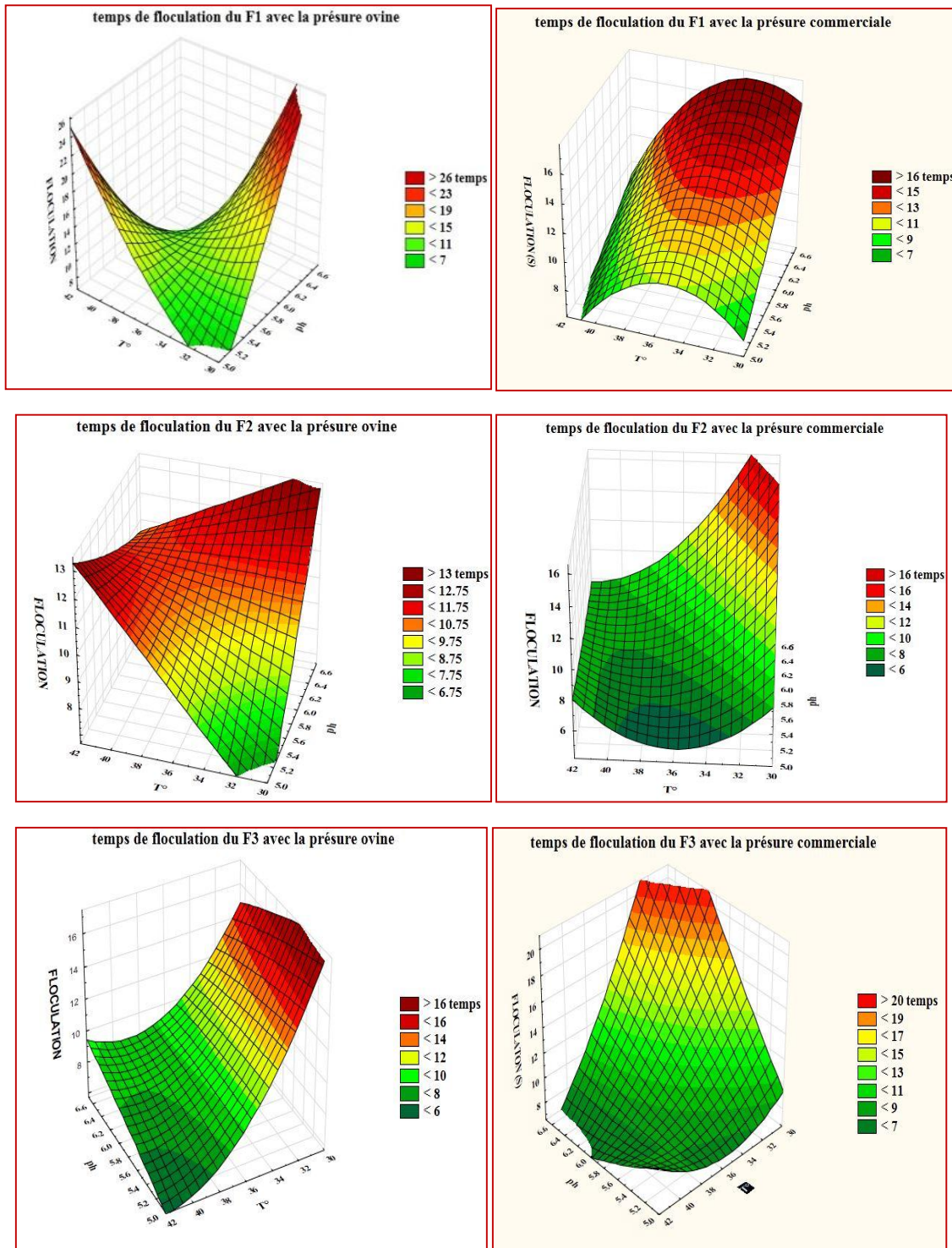


Figure 16. Graphique de surface du temps de floculation de trois formulations avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).

III.7. Temps de réponse de la coagulation des trois formulations

Le tableau 22 présente le temps de coagulation des différents couples (pH et T°C) avec la présure ovine en comparaisant avec la présure commerciale des trois formulations.

Tableau 22. Temps de réponse de la coagulation des trois formulations

Valeur non codes			Réponse temps de coagulation					
Essai	pH	T°C	F1		F2		F3	
			PO	PL	PO	PL	PO	PL
1	5.85	42	16.32	14.00	10.62	18.92	14.41	17.43
2	5.58	36	17.23	16.09	22.49	23.16	30.44	37.56
3	6.451	31.757	39.29	36.98	31.12	16.84	30.49	44.60
4	6.451	40.242	15.36	14.96	26.86	18.64	25.04	17.54
5	5.85	36	13.48	19.22	19.18	23.00	31.44	37.91
6	5.248	40.242	24.64	22.28	30.93	14.88	17.02	16.17
7	5.85	36	16.78	13.52	25.03	19.50	28.77	32.82
8	6.70	36	30.21	13.98	39.40	20.70	40.39	37.88
9	5.85	36	13.39	21.41	30.12	20.50	31.44	43.35
10	5.85	30	40.91	32.15	40.00	21.25	24.30	35.89
11	5	36	15.08	22.54	35.18	13.01	29.13	31.36
12	5.85	36	16.99	19.26	27.30	21.60	19.40	28.25
13	5.248	31	19.37	29.85	39.34	31.90	26.73	39.98

F1: formulation 75% lait camelin /25% lait caprin, F2: formulation 50% lait camelin /50% lait caprin, F3: formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin, PO: présure ovine, PL: présure commerciale.

- **Formulation F1**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de coagulation qui correspond ces couples (5.85/30°C), (5.85/36°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal et le temps maximal de coagulation observé avec la présure ovine est similaire à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Formulation F2**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal de coagulation qui correspond ces couples (5.85/30°C), (5.85/42°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal de coagulation observé avec la présure ovine est différent à celle trouvé par la présure microbienne.

- **Formulation F3**

On a obtenu un temps maximal et un temps minimal coagulation qui correspond ces couples (6.70/36°C), (5.85/42°C) respectivement avec la présure ovine.

À titre comparatif, le temps maximal et le temps maximal de coagulation observé avec la présure ovine est similaire à celle trouvé par la présure microbienne.

III.8. Modélisation coagulation des trois formulations

III.8.A. Equation de régression

Objectif pour trouver l'équation de régression optimale pour le modèle (après avoir exclu les termes non significatifs pour l'effet linéaire, carré ou interactionnel), ces résultats sont résumés présente (Tableau 23).

Tableau 23. Régression et équation de réponse de la coagulation de trois formulations avec la présure ovine et la présure commerciale

	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
Coagulation	F1	PO	93.06%	Y= 103 + 17.0 pH - 7.22 T + 8.60 pH*pH + 0.3293 T*T - 3.078 pH*T	1
		PL	71.52%	Y= 168 - 8.00 T + 0.2177 T*T	1
	F2	PO	64.59%	Y= -225.3 + 45.4 pH + 5.32 T - 2.01 pH*pH - 0.0259 T*T - 0.560 pH*T	1
		PL	75.84%	Y= 174 - 5.69 T + 1.392 pH*T	1
	F3	PO	74.80%	Y= 769 - 4.64T + 17.52 pH*pH	1
		PL	81.20%	Y= -384 + 18.45 T	1

F1 : formulation 75% lait camelin/25% lait caprin, **F2**: formulation 50% lait camelin /50% lait caprin. **F3** : formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin, **PO**: présure ovine, **PL**: présure commerciale.

- **Formulation F1**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (93.06%). Cette valeur est supérieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité (meilleure régression) plus élevée au F1 comparativement à l'autre.

- **Formulation F2**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (64.59%). Cette valeur est inférieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité plus moins au F2 comparativement à l'autre.

- **Formulation F3**

Le coefficient de régression obtenu avec la présure ovine est de (74.80%). Cette valeur est inférieure à celle trouvée avec la présure microbienne. Donc, notre présure possède une affinité plus moins au F3 comparativement à l'autre.

Enfin, notre présure ovine réagit mieux avec F1 comparativement avec d'autres lait. Pour la présure microbienne réagit mieux avec F3.

III.8.B. Coefficient de régression

Le tableau 24 détermine la valeur de p de savoir s'il y a un effet du pH et de T°C sur les trois formulations avec la présure ovine et la présure commerciale

Tableau 24.Modélisation de la réponse de temps de coagulation

Enzyme	Coefficient de régression	F1	F2	F3
PO	b₀	0.001	0.127	0.045
	b₁	0.009	0.091	0.882
	b₂	0.001	0.204	0.012
	b₁₁	0.043	0.262	0.022
	b₂₂	0.002	0.443	0.873
	b₁₂	0.002	0.095	0.792
PL	b₀	0.012	0.039	0.018
	b₁	0.442	0.586	0.406
	b₂	0.002	0.048	0.002
	b₁₁	0.394	0.195	0.676
	b₂₂	0.034	0.384	0.051
	b₁₂	0.074	0.009	0.827

Effet Significatif ($P < 0.05$). **F1** : formulation 75% lait camelin /25% lait caprin, **F2**: formulation 50% lait camelin /50% lait caprin. **F3** : formulation 75% lait caprin /25 % lait camelin, **PO**: présure ovine, **PL**: présure commerciale.

✓ Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation1

On a obtenu une valeur de p les coefficients de régression b_1 , b_{11} une valeur de p inférieure à 0.05 nous concluons qu'il y a effet linéaire et quadratique significatif de pH avec la formulation par PO. En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_2 , b_{22} inférieur à 0,05 ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire et quadratique significatif de T°C avec la formulation par PO. Ainsi que sur la formulation avec PL. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec la formulation par PO.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation2**

En ce qui concerne des valeurs de p les coefficients de régression b_2 inférieur à 0,05. Ce qui montre-t-il y a d'effets linéaire significatif de T°C avec la formulation par PL. Pour une valeur de p du coefficient de régression b_{12} inférieure à 0.05 nous disons qu'il y a un effet interactif significatif de pH et T°C avec la formulation par PL.

✓ **Effet du pH et du T°C sur la coagulation de formulation3**

On a remarqué une valeur de p inférieure du coefficient de régression b_2 à 0.05 nous concluons qu'il y a effet linéaire significatif de T°C avec la formulation par PO. ainsi que sur la formulation avec PL. Quant au une valeur de p du coefficient de régression b_{11} inférieure 0,05, il y a d'effet quadratique significatif de pH avec le la formulation par PO.

III.8.C. Points optimums de la coagulation

Tableau25: Points optimums de pH et de la température de la présure ovine et la présure commerciale des trois formulations.

	Lait	Enzyme	Temperature optimal	pH optimal
Coagulation	F1	PO	38.36°C	5.87
		PL	42°C	6.7
	F2	PO	42°C	5.81
		PL	42°C	5
	F3	PO	42°C	5.29
		PL	42°C	5

F1 : formulation 75% lait camelin/25% lait caprin, **F2**: formulation 50% lait camelin /50%lait caprin. **F3** : formulation75% lait caprin /25 % lait camelin

On a remarqué que les formulations F2 et F3 est affecté par la température optimale 42°C avec la présure ovine et la présure commerciale.

III.8.D. Graphique de surface du temps de coagulation

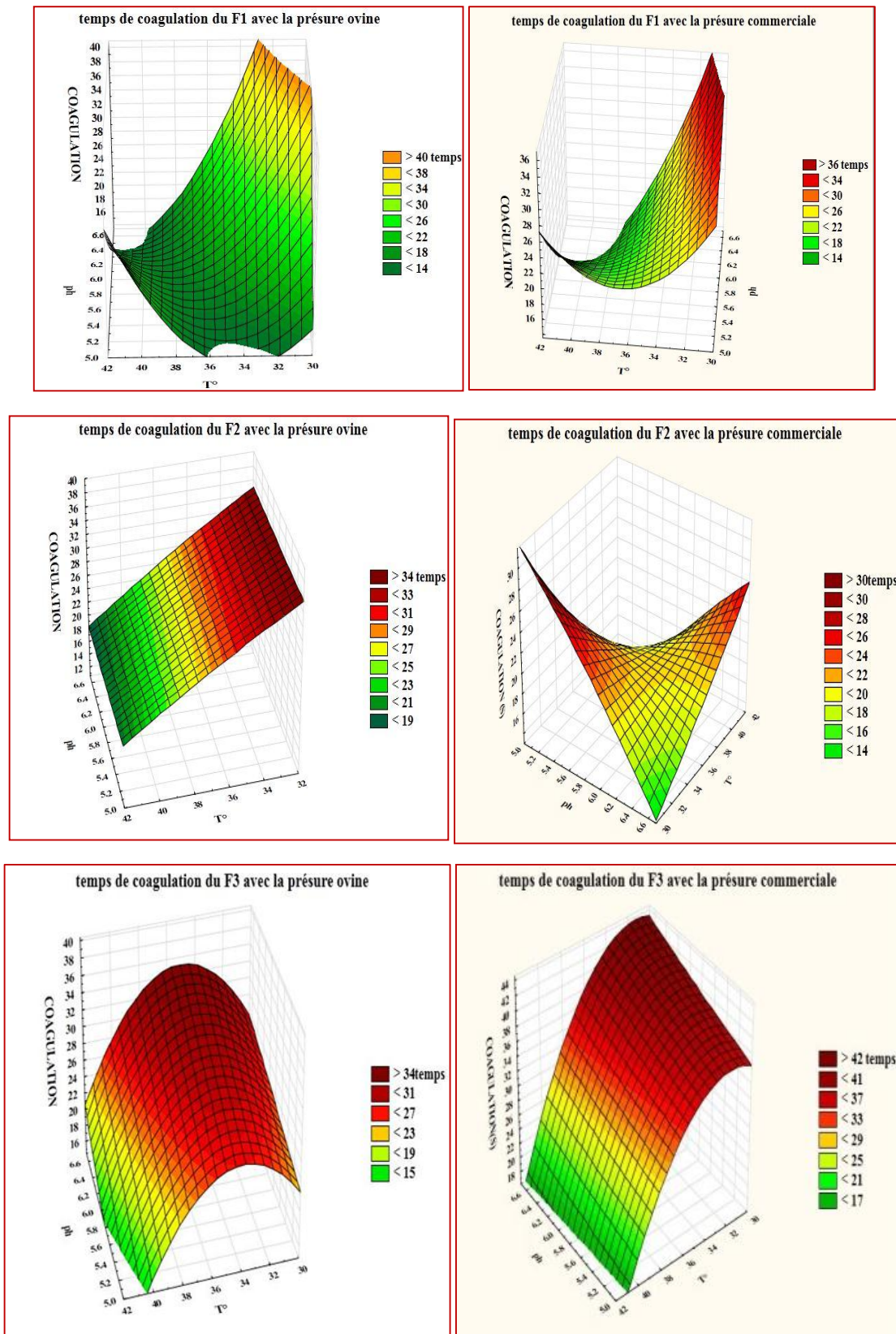


Figure 17. Graphique de surface du temps de coagulation de trois formulations avec la présure ovine et présure commerciale (Microbienne).

IV. Essai de la fabrication du fromage frais (validation des résultats de l'optimisation)

Après l'optimisation, les points optimums du pH et de la T°C de la coagulation, qui seront valorisés dans la fabrication du fromage, sont le tableau 26 suivant.

Tableau 26.Points optimums de la fabrication du fromage des trois formulations.

Fabrication du fromage à coagulation	Formulation	Enzyme	Température optimale	pH optimale
	F1	PO	36°C	5.87
	F2	PO	42°C	5.81
	F3	PO	42°C	5.29

IV.1. Rendement fromager

Le rendement fromager présente un grand intérêt en industrie fromagère car il reflète globalement la répartition quantitative des constituants du lait lors de l'égouttage. Il permet donc de juger pour un type de fromage donné si la fabrication a été menée dans de bonnes conditions selon le point optimal.

Le rendement de fromage que nous obtenu à partir d'une quantité indiquée de lait en mélange pour les fromages F1 (11.25%), F2 (12.7%) et F3 (10.55%) issu de la coagulation par l'extrait de ovine.

D'après **Babbouche et Khatroui, (2021)** à le rendement Fromage frais à base de lait de camelin avec présure ovine (11.25%), Similaire à F1 et cela est dû à la proportion de lait camelin (75%). On a remarqué les valeurs de rendement de F2 par la présure ovine on a obtenues sont supérieure F1et F3.

Nos résultats de la fabrication sont montrés dans les figures 18 ci-dessous.



Figure18.Produit fini (fromage frais) pour les trois formulations (F1, F2 et F3) coagulé par la présure ovine.

V. Fabrication du fromage frais à coagulation mixte

V.1. Rendement fromager

Le rendement de fromage frais a coagulation mixte, que nous résultat (16.15%), (24.75%) et (16.5%) pour les fromages F1 et F2 et F3 respectivement, à obtenu par la présure ovine présente Figure(19). le meilleur rendement observation en fromage a formulation F2 nettement supérieur à celui des autres formulation, on peut dire que le rendement est fortement lié à la richesse du lait par l'utilisation simultanée de la composition chimique du lait et des paramètres de la coagulation.

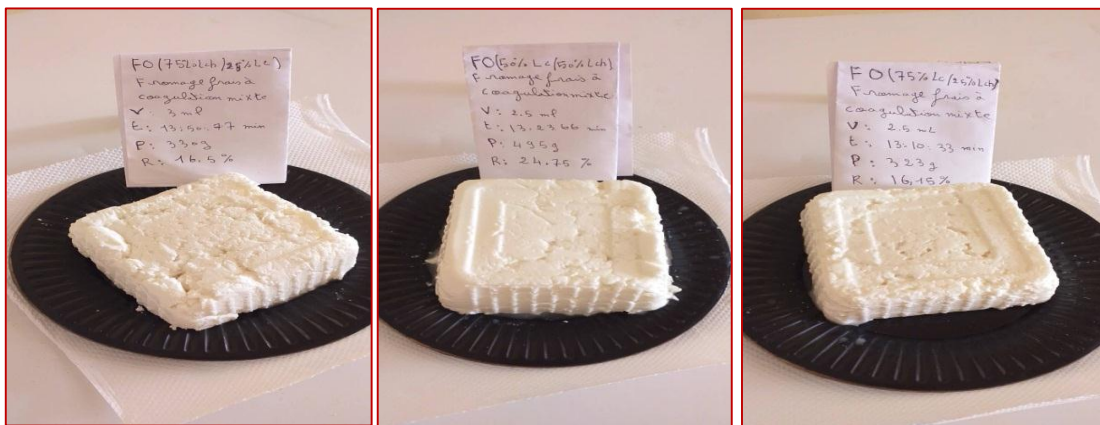


Figure19.Produit fini (fromage frais a coagulation mixte) pour les trois formulations (F1, F2 et F3) coagulé par la présure d'ovine.

V.2. Caractérisation sensorial à coagulation mixte

La figure 20 présentent les produits finis de la formulation choisie (F1, F2, F3) avec la présure ovine.



Figure 20. Fromage frais a coagulation mixte avec présure ovine.

L'objectif de cette analyse consiste à donner le profil sensoriel global du fromage coagulé par présure ovine fabriqué avec un jury de dégustateur. Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du fromage soit l'aspect et la texture, l'odeur, l'arôme, l'arrière-goût et la persistance du goût du fromage.

L'analyse consiste à présenter à un dégustateur un échantillon du fromage.

Ces paramètres sont représentés dans les figures suivantes:

- **Aspect et texture**

Pour la texture des fromages obtenus des trois formulations produits avec la présure ovine, nous avons remarqué que les dégustateurs ont apprécié une texture pâteuse et rugueuse moyenne (4.262443 ± 7.8) et (3.60551 ± 8.5) respectivement. Il possède une texture faiblement lisse les formulations (FO1-FO2-FO3), aussi avec une texture sableuse pour la formule (FO1) moyenne (2.603641 ± 10.6) et faible pour la outre les formulations (FO2-FO3). Il est plus supérieure de tartinable (2.684752 ± 10.55) et crémeuse (2.564433 ± 10.95) pour la formulations (FO2) et moyenne la formulation (FO1-FO3). Ces paramètres sont représentés dans la figure suivante (Figure 21).

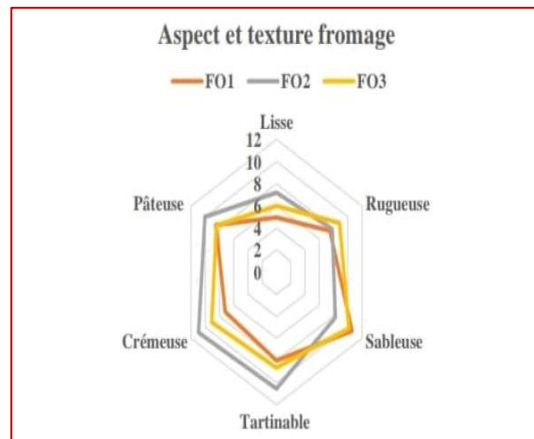


Figure 21. Analyses sensorielles des fromages (Aspect et texture).

- **Odeur et arôme**

Du leur point de vu odeur lactique moyenne (4.2087 ± 8.85) la formulation (FO1). Cette odeur est due à l'acidité du lait camelin, plus intense dans les différents fromages de type fromage par présure ovine ces paramètres sont représentés dans la figure suivant (Figure 22).

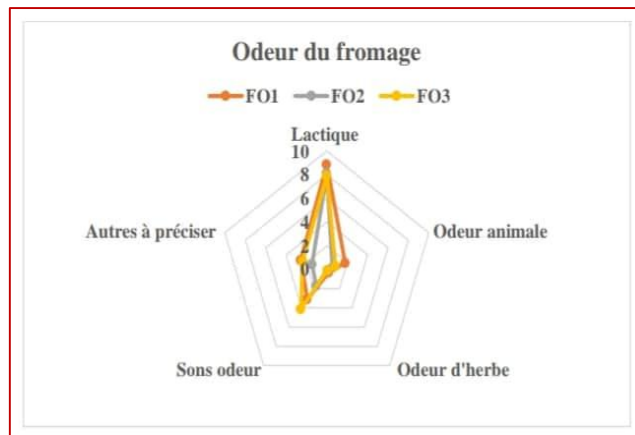


Figure 22. Analyses sensorielles des fromages (Odeur et arôme).

- Gout

D'après les résultats montrent, nous avons remarqué que les dégustateurs ont apprécié une la formulation (FO2) des fromage qui nous avons fabriqué présenter une goût acide et salée de moyen (3.91815 ± 9.1) , (3.363504 ± 9.45) respectivement. Ces paramètres sont représentés dans la figure suivante (Figure 23).

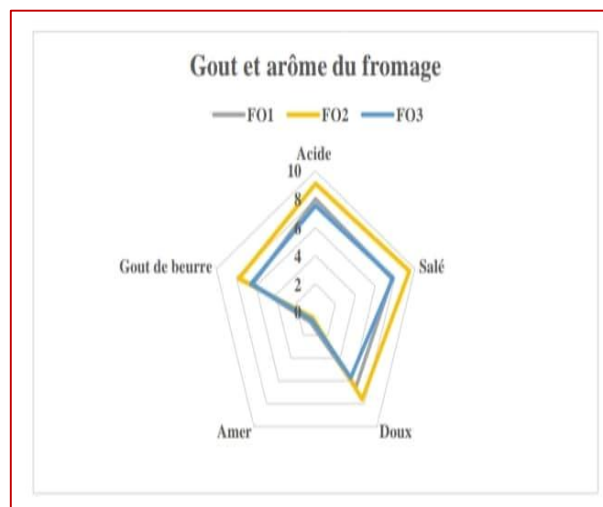


Figure 23. Analyses sensorielles des fromages (Goût).

De ces résultats, nous concluons que le fromage est caractérisé par une texture tartinable et crémeuse pour la formule FO2. Nous avons également constaté que l'appréciation globale pour le fromage F2 est très bon de pourcentage 90%, bon 5% avec un moyenne 5%, riche arômes 80% et intensité longue, Quant au fromage frais à coagulation mixte avec présure ovine, le qualité la meilleure de fromage frais comparativement au fromage préparé avec par présure microbienne, c'est le destin à bon 20%, très bon 45%, moyenne 35% , riche arômes 60 % et intensité faible **Ammari et**

Saighi, (2021). Le fromage frais à coagulation mixte avec présure ovine, la qualité la meilleure de fromage frais Par rapport au fromage préparé avec de la présure microbienne. L'enzyme (présure ovine) sélectionnée un produit fini de qualité, a une bonne efficacité.

Conclusion

Grâce à notre étude, nous avons travaillé pour extraire et déterminer caractériser de la présure ovine, qui est extrait de caillé d'ovine adultes, puis ses propriétés, puis prendre les points optimaux (température, pH), et l'utiliser pour coaguler le lait cru de (camelin, caprin, et bovine).

Ce travail vise pour la première fois à améliorer les paramètres de coagulation et sert à tester pour la fabrication de différentes combinaisons de fromages à base de lait mélangé (lait camelin et lait de caprin) avec de la présure ovine. Utilisation d'un plan de surface de réponse complexe de type composite (CCD) qui permet de déterminer le point optimal pour les paramètres sélectionnés.

Nous avons évalué les paramètres physicochimiques du lait de camelin et le lait caprin respectivement : pH (6.42, 6.52), densité (1.031, 1.032), matière grasse% g/l (5.0, 2.0), l'extrait sec total %g/l (13.2, 13.0), cendres% g/l les mêmes valeurs (0.8), taux du protéines% g/l (3.8, 3.6) et lactose g/l % (5.7, 5.4).

D'autre part, L'extraction de la présure d'ovine a permis de donner à un temps de floculation de (20 sec) et une activité coagulante de U.P /ml (3.1092 ± 0.41), une force coagulante (1/1000), teneur en protéine mg/ml (16), activité spécifique UP/mg (0,194), le temps de coagulation (s) : (sur le lait de vache 133.46 ± 25.44), (sur le lait camelin 217.23 ± 29.17), (sur le lait caprine 159.96 ± 32.49).

Les points optimums de deux facteurs pH et température de la coagulation enzymatique dans les trois formulations sont :

Formulation 01 : 75% lait camelin 25% lait caprin et (pH = 5.87 / T = 38 C°).

Formulation 02 : 50 % lait camelin 50% lait caprin et (pH = 5.81 / T = 42 C°).

Formulation 03 : 25 % lait camelin 75% lait caprin et (pH = 5.29 / T = 42 C°).

L'essai de fabrication de coagulation mixte d'un fromage frais selon les points optimums par l'utilisation de l'extrait de présure ovine a donné un rendement que nous résultats (16.15%), (24.75%), (16.5%) , pour les fromage F1 et F2, F3 respectivement, le meilleur rendement observation en fromage en formulation F2, et cette fromage caractérisée par une qualité supérieure texture tartinable et crémeuse , nous avons également constaté que la appréciation globale très bon de pourcentage 90% . Donc du point de vue sensoriale le taux de acceptation générale de ce fromage qualifiée une que

offre la possibilité leur valorisation industriellement qui reste le étude de conservation comme perspective .

Enfin, Les analyses sensorielles ont montré : Pour le fromage obtenu à coagulation mixte. A ce stade de notre étude, et sans préjuger des résultats obtenus, nous pouvons affirmer que les caillettes d'ovins constituent une source potentielle de pepsine qui peut substituer, en partie, la présure commerciale.

Références

Bibliographie

~A~

ABAKAR. M(2012). Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait bovin coagulé par la papaine naturelle. Thèse master en qualité des aliments de l'homme. Université cheikh anta diop de dakar.

Abbas K. (2012). Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels : Le cas des pâtes persillées. Thèse de Doctorat en sciences des sciences de la vie, sante, agronomie, environnement, Université Blaise Pascal.

Abbas S, Ashraf H, Nazir A, Sarfraz L (2013). Physic-Chemical Analysis and Composition of Camel Milk. *International Research* 2: 85-98.

Abdellaoui Lombarkia, R; Ghennam, E; Bacha, A; et Abededdou, M. (2007) Caractéristiques physico-chimique et biochimique du lait camelin et séparation de ses protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Rencontres Recherche Ruminants* 14p.

ABDOUN K., AMIN A., ABDELATIF A. 2007. Milk composition of dromedary camels (*Camelus dromedarius*): nutritional effects and correlation to corresponding blood parameters. *Pak J Biol Sci.*10(16):2724-7

ABIAZAR.R(2007). Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus : Docteur de AgroParisTech par. Agroparistech école doctorale abies.

Abu Amr, S.S., Aziz, H.A., Bashir, M.J.K. Application of response surface methodology (RSM) for optimization of semi-aerobic landfill leachate treatment using ozone. 2014. *Appl. Water Sci.*, 4:231- 239. DOI: 10.1007/s13201-014-0156-z.

Ait Abdelouahab N. (2001). Microbiologie alimentaire. Edition : Office Des Publications Universitaires. Ben-Aknoun. Alger. 147p.

AL HAJ O.A., & AL KANHAL H.A. (2010). Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk – review. *International Dairy Journal* xxx.1-11.

ALAIS C. (1974). Science du lait ; principes des techniques laitières, 3ème ed., Publicité Sep, 807p

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, Ecole polytechnique de Montréal, 600 p.

Andrén A. (2002).Rennets and coagulants. In: Encyclopedia of Dairy Sciences. H. Roginski, J.W. Fuquay, P.F. Fox (Eds.) Academic Press (London), pp. 281-286.

ATTIA, H., KHEROUATOU, N., NASRI, M., & KHORCHANI, T. (2000).Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Le Lait*, 80(5), 503-515.

Aurélien V. (2010).INFLUENCE DU TYPE D'ALIMENTATION SUR LA TEXTURE ET LA FLAVEUR DU FROMAGE. l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

Awad S., Ahmed N., et El Soda M., (2007). Evaluation of isolated starter lactic acid bacteria in Ras cheese ripening and flavor development. *Food Chem.* 104 : 1192- 1199.

AZZA, M. K., SALMA, O. A. ET EL-SAIED, K. M, (2007). Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. *International Journal of Dairy Science*, 2 (3),

~B~

Badis A, Laouabdia-Sellami N, Guetarni D, Kihal M et Ouzrout R 2005 Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales" Arabia et Kabyle". *Sciences and Technologie. C, Biotechnologies*, 30-37.

Barrionuevo M., 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, 657-664.

BEKA R. G. (2011). Une alternative végétale en fromagerie: Préparation d'un extrait coagulant à partir des fruits de *Balanites aegyptiaca*; Etude biochimique et application technologique. Thèse de doctorat en Sciences Ingénierie des Fonctions Biologiques de l'Université de Lille I. 167p.

Belbeldi, A. (2013). Contribution à la caractérisation du fromage Bouhezza : Contenu lipidique et vitamines. Thèse de doctorat : *Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires*. Constantine, 60.

Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P., (2009). Food chemistry. 4ème Ed Springer Verlag Berlin, P.1070.

BEN AISSA R. (1989). Le dromadaire en Algérie. CIHEAM-IAMZ, OptionsMéditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 2. p. 19-28.

Benaïcha et Sahi, 2009. Influence de la race sur la composition du lait bovin. Essai de fabrication d'un fromage avec un succédané de présure (pepsine ovine). Mém.Ing.Agr., Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harach (Alger), p.p.79-141.

Bengoumi , M., Faye , B.,& Tressol J. C. (1998). Composition minérale du lait de chameau du sud marocain. In Bonnet P, éd. Dromadaires et chameaux, animaux laitiers. Actes du colloque, 24-26 Octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie. Montpellier, France : Cirad.

Benkahoul M., 2002. Production de la protéase neutre par *Aspergillus oryzae* sur déchets d'oranges. Optimisation du milieu de cultures, purification partielle et étude des propriétés physico-chimiques de l'enzyme. Thèse de Magister. Faculté des sciences. Université Mentouri Constantine.

Benkerroum, N. and Tamime, A.Y. (2004). Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben, smen) to small industrial scale. Food Microbiol. 21: 399–314

Benyahia. 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, Doctorat en sciences, Université Constantine 1. 119p.

Benyoub K 2016 Caractérisation morphométrique, typologie de l'élevage caprin et étude physico- chimique de son lait au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mémoire Master en génétique. Université de Tlemcen (Algérie).

Berridge. N. J. (1945). The purification and crystalization of rennin. Biochemic Journal, 39, 179-186.

Berodier F., Lavanchy P., Zannoni M., Casals J., Herrero L. ET Adamo C., 2003. Guide d'évaluation olfacto-gustative des fromages à pâte dure et semidure. /11/05 miguidef.doc. Version abrégée, 26p

Bosset J O., Albrecht B., Badertscher R. (2000). Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles de lait, de caillé et de fromage de chèvre de type Famlaggini (buxion, robiola) et Foermagella. Péd. LAIT. -France: C N R S. 95, Suppl 5 :546-580.

Boudier J.F., 1974. Présure et succédanés de présure. Ed. Technique et Documentation.APRIA. France. 74p.

BOUDJNAH-HAROUN S, (2012) Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaire. Thèse Doctorat en Sciences biologiques, TIZI OUZOU, 99 p.

BOUGHELLOUT, H. (2007). Coagulation du lait par la pepsine de poulet. Mémoire de Magister en sciences alimentaires, Université Mentouri de Constantine, Algérie.

BOUSSOUAR,N.(2017). Caractérisation technologique et sanitaire des entérocoques isolés à partir de lait de chamelle du sud-ouest algérien.thèse de doctorat.238p.

Boutonnier, L. (2012). ‘Fabrication du fromage fondu’, Techniques de l’Ingénieur, pp. 1–3. Available at: seethedocumentinthedesktopfolderTechniquesdeingenieur.

BRUNO M. A., TREJO S. A., AVILES X. F., CAFFINI N. O. & LOPEZ L. M. I. (2006). Isolation and characterization of hyeronymain II, another peptidase isolated from fruits of Bromelia hieronymi Mez (Bromeliaceae).*Protein Journal*, **25**:224–31.

~C~

CABO C., CAILLAT H., BOUVIER F. and MARTIN P. (2010). Major proteins of the goat milk fat globule membrane. *Journal of Dairy Science*, 93, 868-876.

CARDELLINO, R., ROSATI, A and MOSCOM, C., 2004.Current status of genetic resources, recording and production systems in Africa, Asia and America camelids FAO/CAR seminar on camelids. Sousse, Tunisia: Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Committee for Animal Recording.

Cardoso R.R.A., Santos R., Cardoso C., Carvalho M.2010 Consumption of camel's milk by patients intolerant to lactose: a preliminary study. *Rev Alergia Mex*; 57: 3-26

Cerbulis J., Parks O. W. and Farrell, JR. H. M. (2000). Composition and distribution of lipids of goat's milk.*Journal of Dairy Science, la FAO*, 28 la Technologie Laitière. Ed. Tec. et Doc. Paris. chamelle pour l’Afrique. FAO Production et Santé Animales 2, p. 43-51.

Chammas, G.I., Saliba, R. and Béal, C. (2006).Characterization of the fermented milk-Laban with sensory analysis and instrumental measurements.*J. Food Sci.* 71: S156–S162.

Chehema , A. (2003). Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Lait de

Chethouna F., (2010) .Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologiques du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. thèse Magister en science Biologique, Université Kasdi Merbah, Ouargla.

Chibah A.(2011) .Extraction et caractérisation électrophorétique des protéines membranaires du globule gras du lait de chamelle, thèse magister en biologie , université Oran.

Codex Alimentaire, S. (2013) ‘Norme Générale Codex Pour Le Fromage’.

Correra, A. (2006). écologie et gestion de la biodiversité. Thèse de doctorat .Muséum national d’histoire naturelle Paris.

Corthier, G. (2004). Caractéristiques spécifiques des probiotiques : Les bénéfices santé des probiotiques. *Danone Nutritopics*, 29 : 1-3.

~D~

Daoudi, A, (2006).Qualite d'un fromage local a base de lait de chèvre. Mémoire du diplôme de Magister en biologie université hassiba Ben Bouali, chlef 148 p .

Debry, G., (2001). Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).

Desmazeaud M. (1990). Les enzymes utilisées en industrie laitière. In laits et produits laitiers. Vache. Brebis. Chèvre. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Pp582-603.

Desmazeaud M. J., 1994. Le lait milieu de culture. In : Les bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques. LORIKA, vol. 2 613p.

Desmazeaud M., Spinnler E, (1997), Laits et produits laitiers in LARRETA-GARDE V, Enzymes en agroalimentaires, Edition : Tech et Doc, Paris, P 380.

Desmazeaud M.J., 1981. Principales utilisations des enzymes en industries laitiers aspects scientifiques et techniques. IAA, pp. 195-204.

DOMSALLA A., MELZIG M.F. (2008). Occurrence and properties of proteases in plant lattices. *Planta Medica*, 74:699–711.

DSA (Direction De Service Agricole). 2020. Les Statistiques De La Production Et

DSA d'El Oued (Direction Des Services Agricoles De La Wilaya). 2020. Données

Duteurtre G., Oudanang M K ., N’Gaba S H. (2005). Les bars laitiers de n’djamena(Tchad) des petites entreprises qui valorisent le lait de brousse. Acte de colloques, Ressource vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad : 20-22

novembre, Paris X- Nante .l'effectif Caprin, camline Dans La Région De wilaya d'El Oued. Statistiques.

~E~

ECK A, 1990. Le fromage. 2ème édition. Technique et documentation. Lavoisier. Paris. 539p.

Eck A., Gillis J C. (1997). Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité ; 3e éd-Paris, 891p. Edition. PP 663-718.

El Imam Abdalla , A. (2012).Composition and Anti-Hypoglycemic Effect of CamelMilk.In Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of CamelidResearch and Development, p. 300-301. Muscat, Sultanate of Oman.

ELAGAMY E. I. (2000). Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. Food Chemistry, 68, p. 227-232.

EL-AGAMY E.I., NAWAR M., SHAMSIA S.M., AWAD S., et HAENLEIN G.F.W. (2009). Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children. Small Ruminant Research ,82 ,p. 1-6.

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), 159-167.

EL-HATMI, H., JRAD, Z., SALHI, I., & KHORCHANI, T. (2015).Comparison of composition and whey protein fractions of human, camel, donkey, goat and cow milk. Mljekarstvo Dairy 65(3), 159-167.

Emmons, D. B., and Binns, M. (1990) Cheese yield experiments and proteolysis by milk-clotting enzymes J. Dairy sci. 73: 2028-2043.

ERNSTROM, C.A. et WONGT, N.P. (1983). Milk clotting enzymes and cheese chemistry.In: Fundamentals on dairy chemistry. Ed., B.H. Webb, A.H.Johnson and J.A. Alfold .2ème ed., the Avi publishing Company Inc, p. 662-771, 929p.

Evette J.L., (1975). La fromagerie.- Paris : Presses universitaires de France, p 140.

~F~

- Fantuz,F. Polidori,F., Cheli,F. Baldi,A.(2001).**Plasminogen Activation System in Goat Milk and its Relation with Composition and Coagulation Properties.
- FAO, (1990).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Lait d'autre animaux d'elvage collection on FAO alimentation et nutrition.
- FAO, (2002).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5: laits fermentés. Collection FAO / Alimentation et Nutrition, 28,7p.
- FAO, 2012.** Production laitière. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
- FAO. (1995).** Lait et produit laitier dans la nutrition humaine, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 269p.
- FAO/OMS., 1999.** Norme générale pour le fromage. CODEX STAN A-6- 1978, Rev.1-1999,6 Pages.
- Farah,Z., Rüegg, M.W.(1989).** The size distribution of casein micelles in camel milk.Food Microstructure, 8, 211-216.
- FARKYE N.Y. (2004).**Cheese technology. Int. J. Dairy Tech., 57, 91-98.
- Farrokhi, M., Dindarloo, K. and Jamali, H.A.** Optimization of Coagulation–Flocculation Process for Mature Landfill Leachate Treatment Using Response Surface Methodology.
- Feliachi K.(2003).** Point focal algérien pour les ressources génétiques. Rapport National sur les ressources génétiques animales : Algérie. 29-30. Françaises, (1èreéd), AFNOR, Paris.320 p.
- Fox , P.E. , Whitaker , J.R . , O'leary , P.A. , 1977** Isolation and charicterization of sheep pepsin . Biochem . J. 161 , pp : 389 398 .
- Fox P F; Kelly A L; (2004);** The Caseins; In Proteins in Food Processing, YADA R.Y,ed. Boca Raton, FL: CRC Press., 29–71.
- Furtado, M. (1983)** 'Detection of cow milk in goat milk by polyacrylamide gel electrophoresis.', Journal of dairy science, 66(9), pp. 1822–4. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)82019-0.

~G~

GHENNAM E.H., ALLOUI-LOMBARKIA O., GHENNAM A. (2007). Evolution de quelques caractères physico-chimiques et flore microbienne du lait de dromadaire conservé aux températures ambiante et de réfrigération. Renc.Rech.Ruminants, 14.P. 109.

Ghanbari, F., Moradi, M. Application of Response Surface Method for Coagulation Process in Leachate Treatment as Pretreatment for Fenton Process: Biodegradability Improvement. 2014. J. Water Process Eng., 4: 67-73.

Goupy, J., Creighton, L. Introduction aux Plans D'expériences, 3rd Ed. Dunod, Paris, 2006.336p. ISBN 2100497448.

Guillou H., Pelissier J.P., Grappin R. (1976). Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. Le Lait, 66, 143-175.

GORBAN A.M.S. and IZZELDIN O.M.(1997). Mineral content of camel milk and colostrum.J. Dairy Techn.

Ghislaine,A2018Caractérisation physicochimique, microbiologique et immunochimique des laits camelin et bovin d'Algérie. Activités antioxydante et antitoxique de la fermentation. Université de Sidi Bel-Abbés.

Graindy P., 1978. Détermination de l'activité enzymatique d'extraits coagulants d'origine animale. Technicien du lait, n. 83,p.p. 5-47.

GOURSAUD J. (1992). Coagulation Enzymatique du Lait ; In « Biotechnologie ». Ed. Tec. Doc, Lavoisier, Paris.

~H~

Hamidi,M.(2015). Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à lacoagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier despoules,Mémoire de doctorat. universite mohamed khider- biskra.

Habbi W 2014 Caractérisation phénotypique de la population caprine de la région de Ghardaïa. Thèse ingénieur d'état (Agronome saharien). Université de Ouargla. 43 p.

Heinlein G. F. W. and Caccese R. (2006). Goat milk versus cow milk.*Dairy Goat Journal*, 3, 1-5.

Harboe M., Broe M L., Qvist. K B. (2010).The Production, Action and Application of Rennet and Coagulants. In: Technology of Cheesemaking. Editors(s): Barry A. Law; A. Y. Tamime.Pp : 98-129.

Herbert S. (1999). Caractérisation de la structure moléculaire et microscopique de fromage à Pâte molle, Analyse multi -variée des données structurales en relation avec la texture. Thèse :Ecole Doctorale Chimie Biologie de l'Université de Nantes, France, 188p.

Harbutt Juliet. (2010). Le grand livre des fromages. Éditions Milan. Toulouse: 352p.

HADDADIN M. S. Y., GAMMOH S. I. and ROBINSON R. K. (2007).Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. Journal of Dairy Research, 75, 8-12. International Journal of Genetics and Molecular Biology, 1 (2), 52-58.J. DairyTechn., 64, 471-474.

~J~

JANHØJ T. and QVIST K.B. (2010). The Formation of Cheese Curd; InTechnology of Cheesemaking, 2nd ed.; Law, B. A., Tamime, A. Y., Eds.; Wiley-Blackwell: Oxford, U.K; pp 98-129.

Jin, Y., Wu, Y., Cao, J., Wu, Y. Optimizing decolorization of methylene blue and methyl orange dye by pulsed discharged plasma in water using response surface methodology. 2014. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, 45–2:589–595.

JOUYANDEH, H., et ABROUMAND, A. (2010). Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milk. *World applied science journal*. 11(11), 1316-1322.

~K~

KAMAL, M.M. (2016). Contribution à l'étude de la structure-texture du lait de chamelle lors de la coagulation et du traitement thermique : comparaison avec le lait de vache.

KAMOUN M et RAMET J.P, (1989). Conservation et transformation du lait de dromadaire. In« : Option Méditerranéenne » CIHEAM , 6, 229-231.

KAMOUN M, et BERGAOUI R. (1989) Un essai de production et de transformation de lait de dromadaire en Tunisie: *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 42, 13-115.

KAMOUN M. (1995). Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes, Séries séminaires. n°13. P. 81- 103.

KAPPELER, S., Z. FARAH et Z. PUHAN. (2005). 50-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. J. Dairy Sci. 86: 498-508

KATZ. H et WEAVER W.W. (2003). Encyclopedia of food and culture. Volume 1: Acceptance to food politics. Charles Scribner's Sons. New York, 718p.

KHASKHELI M., ARAIN M. A., CHAUDHRY S., SOOMRO A. H. et QURESHI T. A. (2005). Physico-chemical quality of camel milk. Journal of Agriculture and Social Sciences, (2). P. 164-166.

Kihal M., Chekroun A., Bensoltane A., Kheroua O. et Saidi D. 1999. Characterization of Algeria raw camel's milk: proteins content and native lactic acid bacteria, 1ères Journées sur la Recherche Cameline, 25 au 27 mai, ITAS, Ouargla.

KATINAN, S ,Kouamé O, CHATIGRE, K Maxime B , Nogbou E, 2012 Évaluation de la qualité chimique et microbiologique des laits caillés artisanaux produits et consommés dans la ville de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Kongo, J.M., Malcata, F.X. (2016). Cheese: Processing and Sensory Properties. In: encyclopedia of food and health. Elsevier, 748-754.

Konuspayeva G, Faye B, Loiseau G (2009). The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data. Journal of Food Composition and Analysis 22: 95-101.

Kula J., Dechasa T. (2016). Chemical Composition and Medicinal Values of Camel Milk. International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB) vol 4, Issue 4, 13-25. Online www.arcjournals.org .

Kula, J (2016). Valeurs médicinales du lait de chamelle Collège universitaire d'agriculture et de médecine vétérinaire Jimma, École de médecine vétérinaire, Éthiopie.

~L~

Larousse, A. (2002) 'Science et technologie du lait transformation du lait', p. 767. Available at: https://books.google.com/books?id=E-rb_Pff15sC&pgis=1.

Lejaouen J C. (1990), La fabrication du fromage de chèvre fermier. Société de presse et d'édition ovine et caprine, Paris. 209 p.

Lenoir J., Lambert G., Schmidt J.L., (1983). L'élaboration d'un fromage exemplecamembert pour la science. Paris. p 93.

Lessoued Ridha, Modélisation et optimisation de la dépollution des lixiviats Thèse de Doctorat: Génie chimique: Alger, ENP: 2018.

Libouga D G. (2008). Étude comparative des coagulations du lait par actions de l'extrait desécorces de l'Ongokea goreet des enzymes coagulants bien connus. *Tropicultura*, vol 1, 43-47.

LorientD., Cayot P. (2000). Les propriétés technos fonctionnelles des protéines de lait. Les protéines laitières; intérêts technologiques et nutritionnels, 4eme conférence européenne d'ARILAIT, 7 novembre. Paris, France .

Luquet François-Marie, Corrieu Georges. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques, Collection Science & Technique Agro-alimentaire, Editions Tec & Doc. PP 3-7.

~M~

Madani T, Yakhlef H et Abbache N 2003. Les races bovines, ovines, caprines et camelines in "Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaire à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture". Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31, Tome 10 : 47-48.

MADR. (Ministère de l'Agriculture et du développement rural), 2018. Commerce extérieur agricole, période 2016 - 2018. Séries statistiques agricoles. la production agricole.

MAGJEED, N. A. (2005). Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1. *J. Saudi Chem. Soc*, 9(2), 253-263.

Mahaut M, Jeantet R, Brule G. (2000). Initiation à la Technologie Fromagère. TEC & DOC Lavoisier : Paris ; 194 p.

Mahaut M. (2003). Initiation à la technologie fromagerie techniques et documentation- Lavoisier, paris, 194p.

MAHBOUB N., TELLI A., SIBOUKEUR O., BOUDJENAH S., S. SLIMANI N. et MATI A., (2010). Contribution a l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin : étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines. *Annales des Sciences*.

MAHBOUB. N (2009). Contribution à l'amélioration de la fromageabilité du Lait camelin: Etude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines (type présure).Thèse de Magister en sciences Biologiques. Université d'Ouargla.

Mahe MF., Manfredi E., Ricordeau G., Piacere A. et Grosclaude F. (1993). Effets dupolymorphisme de la caséine α S1 caprine sur les performances laitières : Analyse intradescendance de boucs de race Alpine. *Genetic Science and Evolution*, 26, 151-157.

Mal, G. & Pathak, K.M.L. (2010). Camel milk and milk products. Milk & milk products. SMVS' Dairy Year Book, p. 97-103.

MAL, G., & PATHAK, K. M. L. (2010). Camel milk and milk products. *SMVS' Dairy year book, 2010*, 97-103.

Mana H., Drif F. (2017). Caractérisation physico-chimique et organoleptique de trois laits (Vache, caprin, brebis) et fabrication du fromage frais. Mémoire de master. Université M'hamed Bougara Boumerdes.

Marletta D., Criscione A., Bordonaro S., Guastella A M., D'urso G. (2007). Casein polymorphism in goat's milk. *Lait*, 87p.p 491-504.

Masle I. et Morgan F. (2001). Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques - Facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait*, 81, 561-569.

MEDJOUR, A. (2014). Etude comparative des caractéristiques physicochimiques du lait collecté à partir de chèvres (Camelus dromedarius) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif). UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE BISKRA.

Michel lepage. (2008). La technique fromagère. Ed: Top Offset. Montréal, 120p.

Montgomery, Douglas C. *Design and Analysis of Experiments*, 8th ed.; John Wiley & Sons: Arizona State University. 2013. 757p. (à intégrer dans les références).

Mouhous A Kadi S A et Brabez F 2015. Analyse préliminaire des pratiques de production des élevages ovins en zone de montagne de Tizi-Ouzou (Algérie) : cas de l'alimentation. *Livestock Research for Rural Development. Volume 27, Article #132.*

Mouhous A., Bouraine N, Bouaraba F. 2013. L'élevage Caprin En Zone De Montagne. Cas De La Région De Tizi-Ouzou (Algérie). *Renc.Rech.Ruminants.*

Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments, 3rd Ed. Wiley. 2009.

~N~

Nouani A., Dako E., Morsli A., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M.M. etDadie A., (2009). Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (*Cynarascolymus*) 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: 20-29. Nutrition, 39p: 1-13.*

~O~

OULD AHMED M. (2009).Caractérisation de la population desdromadaires (*Camelusdromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de Tunisie.

OuledLaid,A.(2008).conduit de l'élevage camelin (région de Ghardaïa) lesparamètres de production et de reproduction . Thèse de Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne (Option: Production Animale). Université Kasdi MERBAH Ouargla (Algérie).

Outaleb T., 2006. Aptitude à la coagulation du lait par la pepsine ovine. Mém. Ing. Agr., Institut National Agronomique, El Harrach (Alger), 54p.

~P~

PATEL, A.S., PATEL, S. J., PATEL N. R. & CHAUDHARY G.V. (2016). Importance of camel milk - An alternative dairy food, *Journal of Livestock Science*, vol 7, 19-25.

Pernodet G. (1984). Le fromage. Edition: Lavoisier. Paris, France, pp. 219-248.

Patrignani, F., Lanciotti, R., Mathara, J. M., Guerzoni, M. E. and Holzappel. W. H.

(2006). Potential of functional strains, isolated from traditional Maasai milk, as starters for The production of fermented milks, *Int. J. Food Microbiol.* 107: 1 – 11.

Pradal, M. (2012) 'Transformation fromagère caprine fermière'.

PRAJAPATI, J.P., PINTO, S.V., WADHWANI, K.N. & PATEL, A.B. (2012).Utilization of Kachchhi Camel Milk for Manufacturing of Medium Fat Ice

Cream. In Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development. P. 416-418. Muscat, Sultanate of Oman.

~R~

Rabier.(2007) François. Modélisation par la méthode des plans d'expériences du comportement dynamique d'un module IGBT utilisé en traction ferroviaire. 239p. Thèse de doctorat : Génie Mécanique: Toulouse, INP:.

RAMET J.P, (2001).The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedarius*). –FAO animal production and health paper, 113, 67 p

Ramet J.P. 2003. Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique". Niamey, Niger,

Rao, M. B., Tanksale, A. M., Ghatge, M. S, and. Deshpande, V. V. (1998) Molecular and Biotechnological Aspects of Microbial Proteases .

RAYNAL-LJUTOVAC K., LAGRIFFOUL G., PACCARD P., GUILLET I. and CHILLIARD Y.(2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79, 57-72.

Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Tomasson R. (1991). Relation entre les paramètres physico-chimiques des laits et son aptitude fromagère. *Lait* 71, 397-421.

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, 499-518.

RICHTER C. TANAKA T. et YADA R.Y. (1998). Mecanism of activation of the gastric aspartic proteinases: pepsinogen, progastricsin and prochymosin. *Biochem Journal*, 335:481-490.

Ross R. P., Stanton C., Hill C., Fitzgerald G.F. and Coffey A. (2000). Novel cultures for cheese improvement. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 96 - 104. sciences de la vie, sante, agronomie, environnement, Université Blaise Pascal.

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. *Rencontres Recherches Ruminants*, p 12_400.

Roy S., (2003). Le lait de chèvre: intolérance au lactose. *Service Vie Inc.*, 17 : 3-6.

-S-

SALEY M, (1993). La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.

SBOUI A, KHORCHANI T, DJEGHAM M et BELHADJ O. (2009). Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures ; Afrique SCIENCE 05 (2), 293 – 304.

Scriban R., 1993. Biotechnologie. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier. 4^{ème} Edition, 904 p.

SENOUSSI C. (2011). Les protéines sériques du lait camelin collecté dans trois régions du sud algérien : essais de séparation et caractérisation de la fraction protéose peptone. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, p 4, 7, 8, 17-19.22.

Siboukeur, O. (2007). Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico- chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique El-Harrach-Alger.

Slamani R., Bellal M. M. 2015 recherche de succédanés de présure dans un coproduit d'abattage : les caillettes ovines. Division de Technologie Agroalimentaire, CRP Mahdi Boualem, INRAA Département de Technologie Alimentaire, INA

Slamani R. 2018 Obtention et caractérisation d'une pepsine ovine. Aptitude à la coagulation du lait THÈSE En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques. école nationale supérieure agronomique el-harrach- alger

Smaoui, Y., Chaabouni, M., Sayadi, S., Bouzid, J. Coagulation Flocculation Process for Leachate Pretreatment and Optimization with Response Surface Methodology. 2016. *Desalin. Water Treat.*, 57 (31):14488-14495.

Soud W. 2011. Effet des bactériocines (type nisine) produites par une souche lactique isolée à partir du fromage camelin, sur une souche psychrotrophe. Université Kasdi Merbah Ouargla.

St- Gelais D. et Tirard-Collet P. (2002). Fromage; In : Vignola Carol L: Science et technologie du lait. Transformation du lait. Presse internationale Polytechnique, Canada.

Sylvain N. (2004). Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé. Association Laitière de la Chèvre du Québec. 64p.

~T~

TITAOUINE, M. (2006). Considérations zootechniques de l'élevage du camelin dans le sud-est Algérien : influence du sexe et de la saison sur certains paramètres sanguins. Mémoire de magister en sciences vétérinaires, université de EL-Hadj Lakhdar, Batna, Algérie.

Tubeşa Z. A and Al-Delaimy K .S., 2003. Rennin-like milk coagulant enzyme produced by a local isolate of *Mucor*. *International Journal of Dairy Technology*. 56, 4 , 237 – 241.

~V~

Vassal L., Delacroix-Bucheta ., Bouillon J. 1994. Influence des variant aa, ee et ff de la caséine α s1 caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles de fromages traditionnels: premières observations .lait .74: 89-103.

VIERLING E., 2008. Aliments et boissons filières et produits. 3^{ème} édition Biosciences et techniques. Paris. p : 15-16.

Vignola. C., (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait, fondation de technologie laitière du québec 1,12,14,15, p.

Virto M. , Chavarria F. Bustamantea M.A. , Barronb L.J.R. , Aramburuc Vicented M.S. , Perez - Elortondoc F.J. , Albusuc M. , and M. de Renobalesa , 2003. Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture . Lipolysis and flavour . *International Dairy Journal* , 13 , 391-399 .

~W~

WANGO J, (1997). Chemical and Technological Properties of Camel (*Camelus dromedarius*) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.

Weber, F, 1997 : l'égouttage du coagulum dans le fromage (Coord ACKA), 2^{ème} édition, p. 122.

~Y~

YAGIL R. and ETZION Z. (1980). Effect of drought condition on the quality of camel milk. *Journal Dairy Research*, 47, 159-166.

~Z~

Zaller B. (2005). Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Thèse de Doctorat de l'Université de Paul-Sabatier, Toulouse. France. 78 :31-46.

Zouari A,(2019). Etude physique et biochimique de la poudre de lait de chamelle séchée par le procédé d'atomisation : étude comparative avec le lait de vache. Université de Sfax École Nationale d'Ingénieurs de Sfax

ZELEKE Z. M. (2007). Non genetic factors affecting milk yield and milk composition of traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in eastern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 19 (6).

Annexes

Annexe 01

I. Preparations des solutions

1/Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) N/9:

Permet de quantifier l'acide lactique présent dans le lait en effectuant un dosage acido-basique.

Préparation de la solution: La préparation de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) N/9 se fait par dissolution de 4,445 g d'hydroxyde de sodium en pastilles dans un litre d'eau distillée. La préparation de cette solution doit être effectuée avec une grande précision.

2/Solution HCl 3N:

$$V1=C2.V2/C1.$$

V1: volume de HCl concentré.

C1: concentration de HCl.

C2: concentration de HCl dilué.

V2: volume de HCl dilué.

Pour préparer 10 ml de solution HCl de 3N on prélève 1.76 ml de HCl concentré 17 mol/l et ont dilué par l'eau distillé jusqu'à 10 ml.

3/ Solution de NaOH 3N

$$m=C.V.M$$

M : la masse de NaOH.

C: concentration de solution.

V: volume de solution.

M: molaire.

Pour préparer 10 ml de NaOH 3N on dissoudre 1.2g de NaOH de masse molaire 40 g/l dans 10 ml d'eau distillé



II. Préparation substrat de BERRIDG

Pour préparer 100 ml de substrat de BERRIDGE, on dissous 12g de lait écrémé en Poudre de type LOW-HEAT (0% de matière grasse; -5000 germes/ml) dans 10ml de CaCl_2 à 0.01 M et complète la quantité par l'eau distillé jusqu'à à 100 ml. On verse tout d'abord une petite quantité de solution sur la totalité de la poudre de façon à obtenir par agitation manuelle une bouillie, le reste de la solution de chlorure de calcium est alors ajouté sur cette bouillie, puis agité.

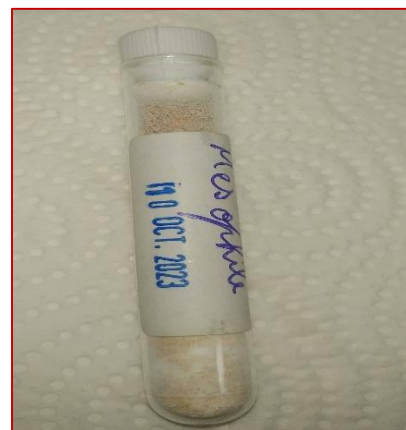


Le pH du lait ainsi préparé est ajusté à pH=6.4 avec une solution de HCl à 1N ou NaOH à 1N

Annexe 02: matériel biologiques



Présure Microbienne



Ferment mésophile

Annexe 03: Analyse physico-chimique du lait



Détermination du pH



Détermination des teneurs paramètres physico-chimiques

Annexe 04

Extraction de l'enzyme coagulant (présure de ovine)

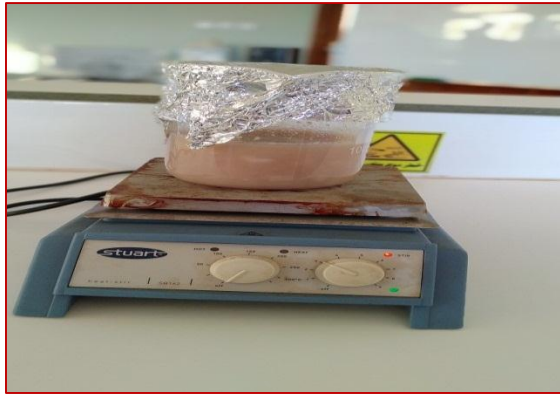


1) Caillette ovine



2) Découpage en tranches 1cm²

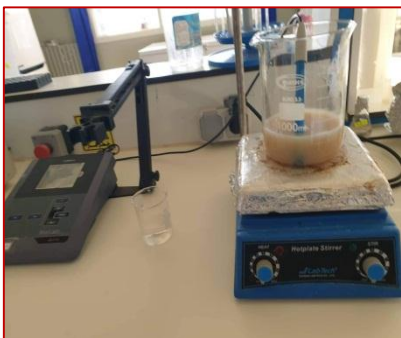




3) Macération NaCl 6% (1:10 P/V) +
acide borique 2% avec agitateur 4 jours à 5°



5) Centrifugation (1500 t/min
pendant 15 min)



6) Ajustement du pH de 5,5 à 4,7



7) Extrait tenu à 25°C (24 h
par HCl 1N pour l'activation des zymogènes)





9) Centrifugation (1500 t/min pendant 15 min)



8) Ajustement du pH =5.5 par NaOH 1 N



10) Obtention d'extrait final (présure ovine)

Les étapes d'extraction d'enzyme

Annexe05 Caractéristiques des extraits enzymatiques



Temps de coagulation



Temps de floculation



Force coagulante

Annexe06: Optimisation enzymatique du lait en mélange



Annexe 07: Fabrication de fromage frais



Mélange du lait



Ajout de CaCl_2 à(0.01-0.015%)



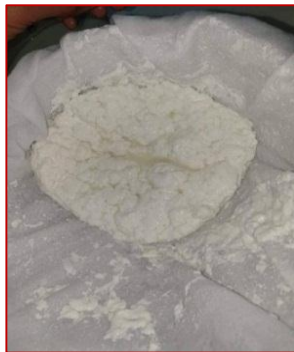
Chauffage et Ajustement de la T°C



Ajustement du pH et salage



Coagulation jusqu'à raffermissement du gel (30 à 45min)

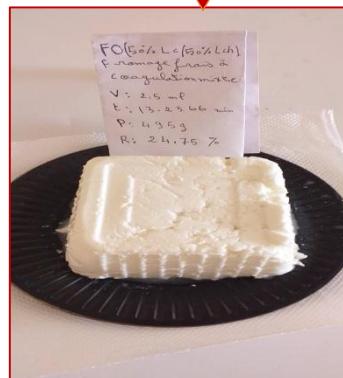
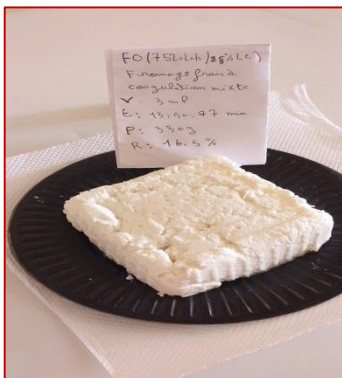


Egouttage



Moulage de Produit finale (fromage frais)

Annexe 08: Fabrication du fromage frais à coagulation mixte



Fabrication du fromage frais à coagulation mixte par présure ovine et Ferment mésophile

