**République Algérienne Démocratique et Populaire**

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

**Université YAHIA Farés MEDEA**

**Faculté : de technologie**

**Département : de génie des procédés et environnement**

**Spécialité :de génie des procédés pharmaceutique**

# Thème

# COAGULATION DU LAIT PAR DES ENZYMES D'ORIGINES VEGETALES ET ANIMALE

**Présenter par :**

SADOUDI Abdessattar

KADRI Mohammed Elamin

**Dirigé par :**

Dr. BENREKIA Ahmed

Redha

2020-2021

# Remerciements

*En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces langues années d'études.*

*La première personne que nous tenons à remercier est notre encadreur M« BENREKIA », pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Que les nombres de jury trouvent ici nos remerciements les plus vifs pour avoir accepté d'honorer, par leur jugement, notre travail.*

*Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté "***de technologie** *", pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Ainsi que MABDERRAHMAN de l'USTHB qui nous a permet d'utiliser la centrifugeuse*

*Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutient et leur patience.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*




# DÉDICACES




*Avec l'aide de Allah, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie À :*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de toi.*

*Mes frères Zakaria, Fadi et Fahd pour votre soutient et encouragements, vous occupez une place particulière dans mon cœur. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.*

*Et enfin à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou à un autre et qui m'ont accompagné et soutenu. Et Tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.*

***Med Elamin***







# DÉDICACES

*AVEC L'AIDE DE ALLAH, J'AI PU RÉALISER CE MODESTE TRAVAIL QUE JE DÉDIE À :*

***A MES TRÈS CHERS PARENTS***

*TOUS LES MOTS DU MONDE NE SERAIENT EXPRIMÉS L'IMMENSE AMOUR QUE JE VOUS PORTE, NI LA PROFONDE GRATITUDE QUE JE VOUS TÉMOIGNE POUR TOUS LES EFFORTS ET LES SACRIFICES QUE VOUS N'AVEZ JAMAIS CESSÉ DE CONSENTIR POUR MON INSTRUCTION ET MON BIEN ÊTRE.*

***A MES FRÈRES*** *MARWANE ET SADOK* ***ET MA SŒUR*** *ANFEL*

***A MON BINÔME*** *MOHAMMED ELAMIN KADRI*

*A LA FAMILLE SADOUDI ET COUSINES LES PLUS CHERS*

*A TOUTE LA PROMOTION GPP.*

*EN FIN, SANS OUBLIER TOUT CEUX OÙ TOUTES CELLES QUI ONT CONTRIBUÉS DE PRÈS OU DE LOIN À LA RÉALISATION DE CE MÉMOIRE.*

*ABDESSTTAR*

## *Résumé*

La préparation du fromage par coagulation du lait à l'aide d'extraits des fleurs du cardon constitue une technologie originale spécifique de certaines régions Algériennes. Notre étude s'inscrit dans le cadre de la préservation du patrimoine culinaire du pays afin de combler le manque de données scientifiques sur cette coagulation.

En effet, les tests préliminaires effectués sur la fleur de la plante, indiquent une activité coagulante, mais c'est l'extrait enzymatique obtenue à partir des fleurs qui nous a révélé une bonne coagulation du lait de vache en I h à une température de 40 oc.

Cet extrait enzymatique des fleurs a été utilisé pour la fabrication du fromage à la méthode traditionnelle. Les analyses physico-chimiques montrent que ce fromage a une teneur en eau ou une humidité qui se rapprochent aux normes de l'ordre de 70%, alors qu'il a une acidité élevée de 0,288 % et une teneur en matière grasse basse de 16%.

Les caractéristiques organoleptiques du fromage fait avec le lait de vache ont un bon goût qui ressemble plus ou moins au fromage fabriqué à l'échelle industrielle.



Mots clés : présure végétale- cardon- Cynara cardunculus- fromage -coagulation- les fleurs – Artichaut.

## *Abstract*

The preparation of cheese by coagulation of milk using extracts from the flowers of the cardoon constitutes an original technology specific to certain Algerian regions. Our study is part of the preservation of the culinary heritage of the country in order to identify the lack of scientific data on this coagulation.

Indeed, the preliminary tests carried out on the flower of the plant, indicate a coagulating activity, but it is the enzymatic extract obtained from the flowers which revealed to us a good coagulation of the cow's milk in I h to a temperature of 40 ° C.

This enzymatic extract of the flowers was used for the manufacture of cheese at the

traditional method. Physico-chemical analyzes show that this cheese has a

water content or humidity that approach standards of around 70 %, while it has a high acidity of 0.288 % and a low-fat content of 16 %.

The organoleptic characteristics of cheese made with cow's milk have a good taste that more or less resembles cheese made on an industrial scale.



Keywords: vegetable rennet- cardoon- Cynara cardunculus- cheese -coagulation- flowers- Artichoke.

***الملخص***

يشكل تحضير الجبن عن طريق تخثر الحليب باستخدام مستخلصات أزهار الكردون تقنية أصلية خاصة ببعض المناطق الجزائرية. دراستنا هي جزء من الحفاظ على تراث الطهي في البلاد من أجل التعرف على نقص البيانات العلمية حول هذا التخثر.في الواقع ، تشير الاختبارات الأولية التي أجريت على زهرة النبات إلى وجود نشاط تخثر ، لكن المستخلص الإنزيمي الذي تم الحصول عليه من الأزهار هو الذي كشف لنا عن تخثر جيد عند درجة حرارة 40 درجة مئوية. .تم استخدام هذا المستخلص الأنزيمي للزهور في I hالحليب البقر في صناعة الجبن في الطريقة التقليدية. تظهر التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن هذا الجبن يحتوي على مايقارب من محتوى الماء أو الرطوبة من المعايير القياسية بحوالي 70٪ ، بينما يحتوي على حموضة عالية تبلغ 0.288٪ ومحتوى منخفض من الدهون بنسبة 16٪. تتمتع الخصائص الحسية للجبن المصنوع من حليب البقر بمذاق جيد يشبه إلى حد ما الجبن المصنوع على نطاق صناعي.

الكلمات المفتاحية: المنفحة النباتية - الكردون - السينارا - الجبن - التخثر - الزهور

# *SOMAIRE*

*Introduction* *1*

*Chapitre I* *3*

*Première partie :*

*Introduction…….* *1*

*Chapitre I…….* *3*

*Première partie :*

*I.Le lait …….* *3*

*I-1. Définition …….* *3*

*I-2. Composition …….* *3*

*I.2.1-Les protéines du lait de vache …….* *5*

*I.2.1.1-Caséines …….* *6*

*I.2.1.2- Les protéines solubles …….* *7*

*I.2.1.3- Matière grasse …….* *8*

*I.2.1.4- Glucides …….* *8*

*I.2.1.5- Les vitamines …….* *9*

*I.2.1.6- Les minéraux…….* *9*

*I.3- Caractéristique …….* *10*

*I.3.1- Caractéristique organoleptiques …….* *10*

*I.3.2-Caractéristiques physiques et chimiques …….* *11*

*I.3.3-Caractéristiques microbiologiques du lait …….* *11*

*Deuxième partie :*

*Historique de fromage …….* *12*

*II. 2-Définition du fromage …….* *12*

*II. 3-Composition et valeur nutritive du fromage …….* *12*

*II. 4-Classification des fromages …….* *13*

*II. 5-Fabrication des fromages …….* *15*

*II.5.1. Préparation du lait …….* *16*

*II.5.2. La coagulation du lait …….* *16*

- *Les enzymes coagulants le lait …… 19*

*1-Enzymes d'origine animales …… 19*

*1.1-Présure …… 19*

*1.1.1-Origine et dénomination …… 19*

*1.1.2-Les composants de la présure …… 19*

a) *La chymosine …… 19*

a) *La pepsine …… 19*

*2- Les enzymes d'origine végétales …… 20*

*II .5 .3-Egouttage …… 20*

*II .5 .4-Salage …… 21*

*II. 5. 5-Affinage des fromages …… 21*

*Troisième partie*

*Etude de plante…… 23*

a) *Origine …… 23*

a) *Description …… 23*

b) *Systématique …… 24*

c) *Caractéristiques de la plante …… 24*

d) *Caractéristiques de la plante …… 24*

e) *Composition chimique du chardon …… 25*

f) *Localisation du système enzymatique dans le végétal …… 26*

g) *Utilisation de l'extrait des fleurs de chardon dans la fabrication des fromages en Algérie …… 26*

*I.5.3-Les enzymes d'origine microbiennes …… 27*

a) *D'origine bactérienne …… 27*

b) *D'origine fongique …… 27*

*CHAPITRE II*

*I Matériel et méthodes …… 28*

*II.1-Préparation de la solution de présure …… 28*

1. *Cynara cardunculus …… 28*
2. *Cynara scolymus …… 29*

*II.2-Les tests préliminaires pour la coagulation du lait …… 31*

*II-3. Égouttage ……. 34*

*III- Les analyses …….. 35*

*III.1-Les analyses physico-chimiques du lait …… 35*

*III.1.1. Détermination de la matière grasse …… 35*

*III.1.2. Détermination de l'acidité titrable …… 36*

*III-1-4- Détermination de l'Humidité …… 37*

*III.2.Analyses physico-chimiques d'un fromage …… 37*

*III.2.1. Détermination du poids …… 37*

*III.2.2. Détermination du pH …… 37*

*III.2.3. Détermination de l'acidité titrable …… 38*

*III.2.4. Détermination de la matière sèche …… 38*

*III.2.5-Détermination de rendement …… 38*

*III-3- Analyses organoleptiques …… 39*

*CHAPITRE III*

*I- Analyses de lait cru …… 40*

*II-Analyses de fromages …… 42*

*II.1-Analyses physico-chimiques de fromage …… 42*

*II.2- Analyses organoleptiques du fromage …… 43*

*CONCLUSION …….. 46*

*Références Bibliographiques…… 48*

*Liste des abréviations…… 59*

*Liste des figures ……. 60*

*Liste des tableaux…… 61*

# *INTRODUCTION*

En technologie fromagère la coagulation du lait est une étape essentielle dans laquelle l'utilisation d'une enzyme protéique est indispensable **(ALAIS ,1975).** Depuis quelques années, on note une diminution progressive des disponibilités de présure animale destinée à l'industrie fromagère. Cette diminution a suscité de nombreux travaux de recherche pour l'obtention d'enzymes de remplacement à partir d'autres sources. **(SARDINA ,1969 ; BOUDIER, 1974 ; WISEMAN, 1979).**

D'une part, cette diminution de la disponibilité résulte de l'obligation d'éviter l'abattage de veaux avant sevrage ainsi que sa production à partir des caillettes qui restent un sous-produit de la viande et d'autre part. Les besoins protéiques de l'alimentation ont déterminé une plus forte demande des produits fromagers, donc l'augmentation de la consommation de la présure est due à la croissance de la fromagerie industrielle. **(GENIN, 1968 ; MAIS, 1971).** D'autres raisons sont aussi évoquées telles que :

Les raisons religieuses ou philosophiques qui font, que certains pays exigent des enzymes provenant d'animaux licites ou d'origine non animale. **(ALAIS,1971).** Actuellement, l'industrie fromagère subit une crise dans l'approvisionnement de présure animale, cette situation a conduit de nombreux chercheurs à s'intéresser aux nouvelles sources d'enzymes coagulantes, notamment les enzymes d'origine végétale et microbienne. **(ALAIS,1971).**

La coagulation du lait peut venir de pratiques que l'on retrouve dans le monde entier, par l'emploi, non pas d'acide lactique ou d'enzymes animales, mais d'extraits végétaux **(FROC, 2001).** 11 existe, dans divers pays, des plantes susceptibles de fournir des enzymes ayant la propriété de coaguler le lait. On connait de nombreux travaux anciens, datant du début du 20$^{éme}$ siècle, signalant l'emploi d'enzymes végétales.

Certains extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicales **CHODAT et ROUGE (1906)** avaient signalé l'emploi d'enzymes provenant du figuier et par la suite Gerber avait extrait la Ficin du latex de *Ficus caria.* Le jus d'ananas *(Ananas composes)* renferme une enzyme capable de digérer les viandes, la broméline, dont un usage domestique marginal permet de coaguler le lait **(CATTANEO et *al.*, 1994, FROC, 2001).**

En fait, la préparation d'une pâte alimentaire artisanale par coagulation du lait à l'aide d'extraits de fleurs de cardon, artichaut et de présure animal reconstitue une technologie originale spécifique de certaines régions Algériennes. Or cette pratique traditionnelle faisant partie du patrimoine culinaire du pays est en train de se perdre et mériterait d'être étudiée en vue d'une meilleure adaptation au marché et au consommateur d'aujourd'hui.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'obtention d'extrait à effet coagulant à partir d'une plante de la région de Médéa et la présure qui est d'origine animale. Cette plante est très répandue dans notre pays : le cardon : (Cynara Cardunculus) qui est une plante avec des épines. De même nous avons essayé l'artichaut (cardunculus f. scolymus).

Notre mémoire est divisé en trois chapitres, le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui résume l'étude du lait, du fromage et la coagulation du lait par l'extrait des fleurs du cardon, artichaut de la présure. Le deuxième chapitre, nous avons adopté une démarche expérimentale qui porte sur :

-Préparation des extraits des fleurs du cardon et artichaut.

- Les tests préliminaires pour la coagulation du lait.
- Un processus pour la fabrication du fromage.

Le troisième chapitre est consacrée aux résultats et à la discussion.


CHAPITRE II

## *I. Lait :*

### *I.1- Définition :*

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » **(POUGEON et GOURSAUD, 2001).**

Le lait et les produits laitiers ont longtemps été au centre de l'alimentation dans les pays développés et en voie de développement **(Smit ; 2003),** car ils fournissent environ 30% des protéines et des lipides et environ 80% du calcium alimentaire **(FOX ; 2003).**

Selon le journal officiel de la république Algérienne, la dénomination 'lait' est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique **(J.O.R.A, 1993)**.

### *I.2- Composition :*

Le lait est un produit d'origine biologique fortement altérable par voie microbienne et par voie enzymatique. C'est un milieu multiphasique : une phase aqueuse contenant essentiellement le lactose, les minéraux ; une phase dispersée de nature lipidique (globules gras) et une phase de nature protéique (micelles de caséines). Cette composition varie selon différents facteurs liés aux animaux. Les principaux étant la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge de la l'animal **(VIGNOLA, 2002)**. Ces éléments majeurs sont présentés dans le tableau I.

**Tableau 1 : Composition moyenne du lait de vache (ALAIS et *al*., 2008).**

| | Composition (g/L) | Etat physique des composants |
|---|---|---|
| Eau | 905 | Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%) |
| Glucides (lactose) | 49 | Solution |
| Lipides<br>Matière grasse proprement dite<br>Lécithine (phospholipides)<br>Insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol) | 35<br>34<br>0,5<br>0,5 | Emulsion des globules gras (3 à 5µm) |
| Protides<br>Caséine<br>Protéines solubles (globulines, albumines)<br>Substances azotées non protéiques | 34<br>27<br>2,5<br>1,5 | Suspension micellaire phosphocaséinate de calcium (0,08 à 0,12 µm)<br>Solution (colloïdale)<br>Solution (vraie) |
| Sels<br>De l'acide citrique (en acide)<br>De l'acide phosphorique (P2O3)<br>Du chlorure de sodium (Na Cl) | 9<br>2<br>2,6<br>1,7 | Solution ou état colloïdale |
| Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous) | Trace | |
| Extrait sec total<br>Extrait sec non gras | 127<br>92 | |

L'eau est le constituant le plus important du lait, représentant environ 87 à 88% du poids total du lait. Elle se trouve sous deux formes : sous forme libre à (96%) et (4%) sous forme liée **(LUQUET, 1985).**

Le sucre le plus abondant du lait est le lactose. C'est le constituant majeur de la matière sèche du lait (environ 40%). C'est un disaccharide (Debry, 2001). joue un rôle important, car il est fermenté lors de la fabrication de divers produits laitiers. **(MAHAUT *et al.*, 2003).**

La matière grasse (MG) est présente dans le lait sous forme de globules gras de dimension de 0,1 à 10 µm. Essentiellement constituée de triglycérides (98%), phospholipides (1%) et d'une fraction insaponifiable (1%) constituée en grande partie de cholestérol et de β- carotène **(VIGNOLA, 2002).**

Les protéines du lait peuvent être divisées en deux classes selon leurs solubilités à pH 4.6, les protéines insolubles à pH 4.6 s'appellent les caséines et les protéines solubles à pH 4.6 sont les protéines de sérum ou les protéines de petit lait **(HUPPERTZ *et al.*, 2006).**

## I.2.1-Les protéines du lait de vache :

### I.2.1.1-Caséines :

Les caséines sont les principales protéines du lait de vache qui représentent 80% des protéines totales du lait. **(BRULE et al., 1997 ; JEANT et et al,. 2008)**. La caséine est un complexe protéique phosphoré à caractère acide qui se précipite à pH 4,6 et se compose de quatre protéines majeures dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau 2, les caséines αs1, αs2, β et κ dont les proportions relatives respectivement sont : 33, 11, 33,11% **(DALGLEISH et CORREDIG, 2012).**

Il existe également une caséine γ qui est formée par l'hydrolyse de la caséine β par le plasmide. **(VIGNOLA, 2002).**

Les propriétés des caséines sont hydrophobes et ont une charge relativement élevée et contiennent beaucoup de la proline et peu de résidus de cystéine **(HUPPERTZ *et al.*, 2006).**

Ces protéines possèdent un certain nombre de caractères communs, à savoir la présence de phosphore sous forme de groupements phosphoséryles, leur richesse en certains acides aminés (glu, leu, pro) et la forte proportion de résidus apolaire **(MAHAUT *et al.*, 2003).**

**Tableau 2 : caractéristiques physicochimiques des caséines.**

**(CROGUENNEC *et al.*, 2008).**

| caséines / propriétés | αs1 | αs2 | B | K |
|---|---|---|---|---|
| Residus d'acides aminés | 199 | 207 | 209 | 169 |
| Poids moléculaire (Da) | 23615 | 25226 | 24023 | 19037 |
| Residus cysteine | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Residus phosphoserine | 8-9 | 10-13 | 5 | 1-2 |
| Sensibilité au $Ca^{2+}$ | ++ | +++ | + | - |
| Sensibilité a la chymosine | - | - | + | +++ |
| Charge à pH 6,6 | -21 | -15 | -12 | -3 |

**Micelles de caséine :**

La micelle de caséine représentée dans la figure 1 est une particule sphérique d'environ 180 nm constituée de submicelles de 8 à 20 nm, elle est très hydratée (2 à 4 g d'eau par g de protéine) et 7% environ de son extrait sec est composé de sels (phosphate, calcium, magnésium, citrate dans l'espace inter-submicelle **(DEBRY, 2001).**

Les submicelles pourraient être constituées d'environ 10 molécules des 4 caséines en proportion variables. Les submicelles les plus riches en caséines κ sont situées en surface de la micelle, ce qui la stabilise (Debry, 2001) La stabilité des micelles peut s'expliquer par des répulsions électrostatiques qui s'opposent à leur agrégation, par la forte proportion **(MAHAUT *et al,* 2003)**

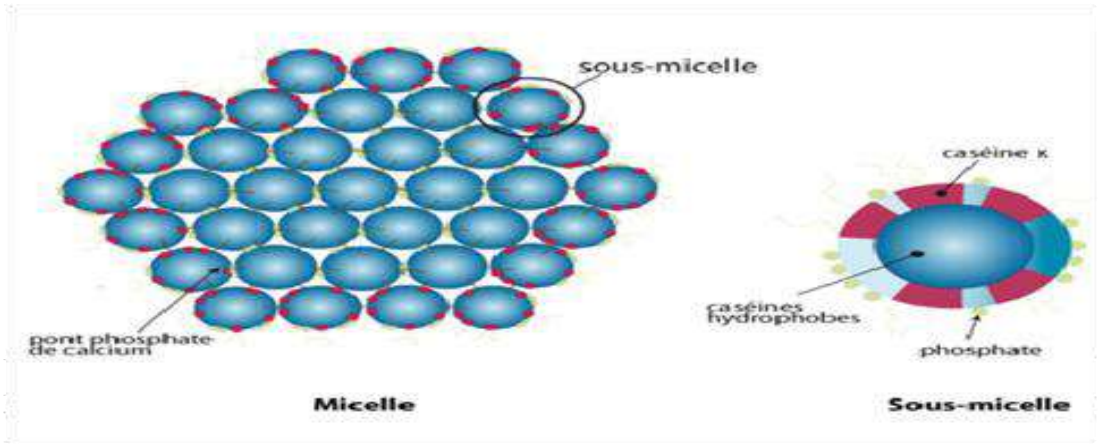



**Figure I :** Micelle et submicelles de caséine **(VIGNOLA., 2002).**

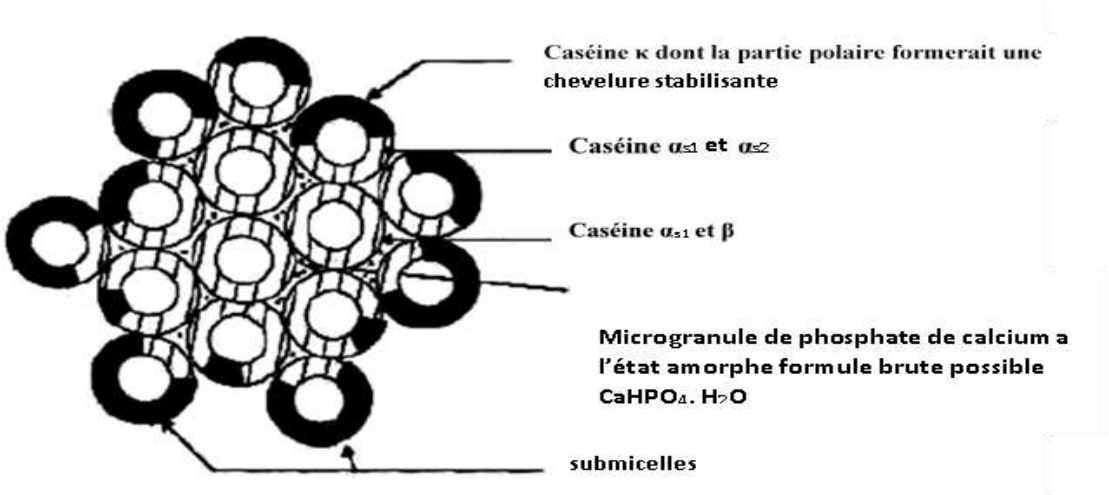



**Figure II :** Structure d'une micelle de caséine stable **[VIERLING, 1999].**

Les submicelles à faible en caséine k sont localisées à l'intérieur de la micelle ; celles, riches en caséines k sont présentes à l'extérieur. Les submicelles périphériques riches en caséines k (figure II) comporteraint des chaines flexibles. Ces chaines correspondant aux fragments COOH terminal des caséines k auraient un role déteminant dans la stabilité des micelles **(DALGLEISH, 1998 et DALGLEISH, 2007)**

**I.2.1.2- Les protéines solubles :**

Dites protéines du lactosérum, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. . Les Deux principales sont la α-lactoglobuline (environ 55%) et l'α-lactabumine (environ 22%) ; les autres protéines sont les immunoglobulines (environ 13 %), le

sérum albumine bovine (SAB) (environ 7 %) et la lactoferrine (environ 4 %). En plus, différents enzymes sont présents dans le sérum **(AMIOT *et al.*, 2002).**

A leur pH isoélectrique, les protéines du lactosérum restent solubles contrairement à la plupart des protéines ; elles vont donc migrer avec le lactosérum lors de la coagulation du lait **(VIERLING, 1999)**, elles précipitent sous l'action de la chaleur **(AMIOT *et al.*, 2002).**

**I.2.1.3-Matière grasse :**

La matière grasse groupe un ensemble de nombreuses substances de structure chimique différente mais toutes solubles à l'état anhydre dans les solvants organiques apolaires tels que le chloroforme, le benzène ou l'éther. L'extraction de la matière grasse du lait repose d'ailleurs sur cette solubilité. On peut répartir les constituants de la matière grasse du lait en deux grands groupes:

- ✓ Les lipides ;
- ✓ fraction insaponifiable.

Les lipides représentent 99 % de la matière grasse.

La composition moyenne des lipides contenus dans un litre de lait est la suivante (en pourcentage des lipides totaux) :
Lipides simples (glycérides et stérides) sont de 99 à 99,5

Les lipides complexes (lécithines et céphalines) de 0,5 à 1,0 **(GRIGNON, 1975).**

**I.2.1.4-Glucides :**

Le glucose est prélevé a de multiples rôles, il est utilisé comme source d'énergie, pour la synthèse de la caséine et des triglycérides.il sert aussi de substrat pour la synthèse du lactose qui joue un rôle important au niveau intestinal puis qu'il facilite l'absorption du calcium et favorise l'implantation d'une flore lactique, ainsi qu'un substrat de fermentation pour les bactéries lactiques dans la fabrication des produit laitiers. Mais il peut accélérer le transit intestinal si l'homme possède une déficience en lactose intestinal, enzyme nécessaire à la digestion du lactose.

**I.2.1.5-Les vitamines :**

Les vitamines sont des nutriments qui doivent être apportés quotidiennement à l'organisme, car celui-ci ne peut les synthétiser. Les vitamines sont des biocatalyseurs qui entrent dans de nombreux métabolismes. Le lait apporte un complément vitaminique important dans une ration alimentaire.

**Tableau 3 : Comparaison de la composition chimique du lait des différents animaux (Vache, Brebis et Chèvre) *(STORRIE al.*, 1983)**

| **Constituant** (%) | **Brebis** | **Vache** | **Chèvre** |
|---|---|---|---|
| PH | 6,43-6.67 | 6.37-7,00 | 6,52-6,78 |
| Matières grasses | 5,49-6,45 | 1,83-7,00 | 2.75-6,43 |
| Lactose | 4,47-4,76 | 3.71-4,60 | 3,91-4,81 |
| Caséine total | 3,78-5.20 | 2.28-3,27 | 2.14-3.18 |
| Protéines sériques Total | 0,88- 1,04 | 0,16-0,76 | 0,37-0,70 |
| Azote non protéine | 0,034-0,049 | 0.022-0,072 | 0,031 -0,049 |
| Caséine/matières grasses | 0,65-0,85 | 0,60-2,27 | 0,40-0,91 |
| αs-caséine | 1,82-2,58 | 0,99- 1,56 | 0,34-1, 12 |
| β-caséine | 2,03-2,83 | 0,61-1,41 | 1,15-2,12 |
| κ-caséine | 0.53-0.92 | 0.27-0,61 | 0,42-0,59 |
| αs/β -caséine | 0,78-0,98 | 0.95-1,78 | 0,28-0,64 |
| β-Lactoglobuline | 0,27-0.50 | 0.23-0,49 | 0,18-0,28 |
| α-Lactoglobuline | 0, 1 2-0.26 | 0.08-0,1 2 | 0.06-0,11 |
| Sérum albumine | 0,03-0,05 | 0,02-0.04 | 0,01 -0.11 |
| Ca total | 0, I fi-0, 1 8 | 0, 10-0,13 | 0, 10-0,14 |
| Pi total | 0,12-0.15 | 0,08-0,10 | 0.08-0,120 |
| K | 0,10-0,13 | 0,10-0,14 | 0, 14-0,18 |
| Mg total | 0,0 I 7-0.018 | 0,010-0,011 | 0.010-0,016 |
| Na | 0,039-0.049 | 0,043-0.112 | 0,029-0,43 |
| Citrate | 0,093-0.202 | 0, 106-0,196 | 0,068-0,127 |

**I.2.1.6- Les minéraux :**

La fraction minérale, bien que mineure dans la composition du lait, joue un rôle essentiel au point de vue nutritionnel.

En effet, ce qui caractérise la fraction minérale du lait, c'est essentiellement la teneur élevée de calcium lié à la phosphosérine de la caséine. C'est cette liaison calcium/protéines qui donne au lait son caractère irremplaçable. Elle garde en effet le calcium sous forme soluble, y compris dans la lumière intestinale **(LUQUET., 1990).**

**Tableau 4 : Composition minérale moyenne du lait en mg/l (LUQUET., 1990)**

| | Femme | Vache | Chèvre | Brebis |
|---|---|---|---|---|
| Calcium | 320 | 1250 | 1350 | 1900 |
| Phosphore | 160 | 950 | 1000 | 1500 |
| Magnésium | 35 | 120 | 180 | 160 |
| Potassium | 600 | 1500 | 1800 | 1250 |
| Sodium | 180 | 520 | 400 | 450 |
| Fer | 0,5 à 1 | 0,2 à 0,5 | 0,1 | 0,5 à 0,7 |

## I.3- Caractéristique :

### I.3.1- Caractéristique organoleptiques :

#### a) Couleur :

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matières grasses, de protéines et de certains minéraux. La couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse **(GOSTA, 1995)**.

#### b) Odeur :

La présence de la matière grasse dans le lait, lui confère une odeur caractéristique. Également, au cours de sa conservation, le lait présente une odeur aigue due à l'acidification par l'acide lactique formé **(VIERLING 1998).**

#### c) Saveur :

Il est difficile de définir cette caractéristique du lait car elle provient de l'association d'éléments ; on retrouve notamment la saveur douce du lactose, la saveur salée du NaCl, la saveur particulière des lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la

masse des protéines. Leur appréciation varie donc grandement se*lon l'observateur **(MARTIN, 2000).**

## I.3.2-Caractéristiques physiques et chimiques :

Selon **MAHAUT *et al.*, (2003**), les principales caractéristiques physico-chimiques du lait sont :

Masse volumique à 20 °C……...1028 – 1034 kg/m3.

Point de congélation……. - 0, 555 °C.

pH ..... 6,6 à 6,8.

Acidité titrable .....15 à 18 °D.

Point d'ébullition .....100,5 °C.

## I.3.3-Caractéristiques microbiologiques du lait :

Le lait contient peu de microorganismes (moins de 103 germes/ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain. Il s'agit essentiellement des microcoques mais aussi des streptocoques lactiques (*Lactococcus* et *Lactobacillus*) qui sont des germes saprophytes du pis et des canaux galactophores.

Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées "Lacténines" mais leur action est de très courte durée (1 heure environ) **(GUIRAUD, 1998**).

D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade. Ils sont généralement dangereux au point de vue sanitaire.

## II-FROMAGE :

### II. 1- Les fromages :

Le nom fromage dérive du mot latin « *formaticus* » qui signifie former ou mouler. La première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les technologues tiennent preuve que l'homme connu depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives du lac Neuchâtel (en suisse) des moules à caillé datant de 5000 ans av J-C **(ST-GELAIS *et al* ; 2002, KATZ et WEAVER, 2003)**.

Il est probable que les fromages aient été la première fois produits 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 (moutons, chèvres, vaches), mais également des extraits de plantes ont été utilisé pour la préparation des fromages **(ABI AZAR, 2007)**

### II. 2-Définition du fromage :

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)**.

La définition « fromage » est réservé au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origines exclusivement laitières suivantes : lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé, matière grasse (MG), babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage **(GOUDEDRANCHE *et al* ; 1999 ; JEANTET *et al* ; 2007)**.

### II. 3-Composition et valeur nutritive du fromage :

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la

technique de fabrication. Les compositions des fromages sont dues aux constituants énergétiques tels que les protéines, les sels minéraux, les vitamines, l'eau et les lipides **(ECK, 1987)**.

## II. 4-Classification des fromages :

Il existe de nombreuses méthodes de classification des fromages qui différent 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)**.

Selon la norme internationale A-6 (1978-FAO /OMS) les fromages sont classés en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (HDF), leur teneur en matière grasse et les principales caractéristiques d'affinage.

En fonction de ces différentes méthodes de fabrication, diverses familles de fromage se distinguent.

**Tableau 5 :** Classification des fromages **(Site : www.irepsbretagne.fr)**.

| Familles | Examples de fromages | Caractéristiques Technologiques |
|---|---|---|
| **Fromages frais** | Faisselles, Fromages blancs, Petits-Suisses. | - Caillé lactique (pas de présure) peu égoutté / non-affiné.<br>*Fromages très humides : 70 à 80% d'eau.<br>*Durée de conservation courte.<br>*Diverses présentations : natures, salés, avec des épices ou des herbes aromatiques, sucrés, aromatisés |

| | | |
|---|---|---|
| **Fromages à pâte molle et à croûte** | Brie de Meaux, Brie De Melun, Camembert, Chaource, Coulommiers. | Caillé mixte (présure + acidification lactique).<br>*Affinage : en 2 à 6 semaines, les moisissures se multiplient et forment un duvet blanc appelé « la fleur ».<br>*Taux d'humidité: 50%. |
| **Fromages à pâte molle et à croûte lavée.** | Epoisses, Langres, Livarot, Maroilles, Munster, Pont-l'Evêque, | - Caillé mixte (présure + acidification lactique).<br>*Pendant l'affinage, leur surface est lavée avec de l'eau salée puis brossée afin de favoriser l'implantation d'une flore bactérienne rouge orangée.<br>Taux d'humidité : 50%. |
| **Fromages à pâte persillée.** | Bleu d'Auvergne, Bleu de Gex, Bleu des Causses, Fourme d'Ambert, Fourme de Montbrison, Roquefort. | - Ils sont percés de trous avec de fines aiguilles pour « aérer » la pâte et permettre le développement de moisissures bleues en marbrures.<br>Affinage : 12 à 30 semaines ; de l'intérieur versl'extérieur.<br>Taux d'humidité : 45 à 50%. |
| **Fromages à pâte pressée non-cuite.** | Cantal, Edam, Gouda, Laguiole, Mimolette, Morbier, Ossau-Iraty, Pyrénées, Raclette, Saint Nectaire, Saint Paulin, Salers, Tome de Savoie, Tome des Bauges. | - Caillé mixte, à dominante présure. Egouttage par pressage. Salage en bain de saumure ou salage à sec.<br>*Affinage : de 2 mois à plus d'un an .<br>*Taux d'humidité : 45 à 50%. |
| **Fromages à pâte pressée cuite.** | Abondance, Beaufort, Comté, Emmental, Gruyère, Parmesan. | - Caillé présure très égoutté : cuisson du caillé, pressage, moulage.<br>*Dans certains fromages, les trous de la pâte sont provoqués par le $CO_2$ dégagé par les |

| | | |
|---|---|---|
| | | micro- organismes, transformant ainsi la pâte pendant l'affinage. Plus la température est élevée, plus les trous sont nombreux et grands. Ex : le Gruyère (affinage à 16-17°C) a des trous plus petits que l'Emmental (affinage à 20-22°C).<br>*Affinage :6 à 24 mois.<br>*Taux d'humidité : 35 à 40%. |
| **Fromage de chèvre. Fromage fondu.** | Banon, Chabichou, Charolais, Chevrotin des Aravis, Crottin de Chavignol, Feta, Mâconnais, Pélardon, Picodon, Pouligny Saint-Pierre, | Pâte molle et à croûte fleurie.<br>* Affinage : selon sa durée, de quelques jours à quelques semaines, obtention de chèvres frais, tendres, ½ secs, secs ou durs.<br>* Diverses croûtes ; cendrées, saupoudrées d'aromates, entourées de feuilles…<br>* Diverses forme s: bûchettes, pyramides, cylindres, pavé |

## II. 5-Fabrication des fromages :

La fabrication fromagère peut être considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, associée à un phénomène d'écoulement. Il s'agit de l'agglomération des éléments protéiques du lait, de la caséine principalement, plus ou moins modifiées, qui emprisonnent les autres constituants et, ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés. Ce phénomène d'agglomération est associé à celui d'un écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et des éléments solubles emprisonnée dans des pores, puis libérée **(LUQUET, 1990).**

Habituellement la fabrication du fromage comprend trois étapes : La formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Ces étapes concernent les fromages frais. Le reste des fromages subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés (Camembert, Roquefort, Gouda, Tulum, etc.).

## II.5.1. Préparation du lait :

La qualité du lait de fromagerie peut être définie comme son aptitude à donner un bon fromage dans les conditions de travail normales avec un rendement satisfaisant. Elle dépend d'un certain nombre de caractéristiques du produit : sa composition chimique notamment sa richesse en caséines, sa charge microbienne, la nature de sa microflore et son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis à-vis de la présure **(HERMIER et *al.*, 1992 ; THAPON, 2005).** Cette étape peut concerner :

- ✓ L'homogénéisation des globules gras : elle permet une meilleure répartition de la matière grasse au sein du caillé et favorise une couleur plus blanche du caillé. Elle peut toutefois accélérer les phénomènes de lipolyse, d'acidification et d'oxydation ;
- ✓ La standardisation de la composition chimique du lait en matière grasse (retrait ou ajout de MG) et en matière protéique ;
- ✓ Le traitement thermique : il vise à détruire la majorité de la flore banale et pathogène tout en conservant au mieux la qualité sensorielle du lait et en créant des conditions favorables aux étapes technologiques suivantes **(GRAPPIN et *al.*,2006).**

## II.5.2. La coagulation du lait :

La coagulation du lait résulte de l'association des micelles de caséine plus au moins modifiées. Cette agglomération mène à la formation d'un coagulum dont le volume est égal à celui du lait mis en œuvre. Ces modifications physico-chimiques des caséines sont induites soit par acidification soit par action d'enzymes coagulantes **(GASTALDIBOUABID, 1994).**

L'acidification du lait peut être obtenue par les produits de fermentation de bactéries acidifiantes ou par des composés chimiques d'action acidifiante directe ou indirecte. La diminution concomitante du pH a pour effet de faire régresser l'ionisation des fonctions acides des caséines induisant le déplacement progressif du calcium et du phosphate inorganique de la micelle vers la phase aqueuse. Ceci induit la désorganisation des micelles et une réorganisation des sous unités micellaires **(BRULE *et al* ; 1997).**

L'acidification microbienne du lait est un processus progressif, lent et uniforme. Il est caractérisé par des difficultés liées à la maîtrise du développement microbien (cinétique de multiplication, état physiologique, facteurs de croissance, produits de métabolismes et autres). Le coagulum édifié est un ensemble de flocons caséinique emboîtés les uns sur les autres **(ATTIA *et al* ; 2000).**

Le taux et l'importance de l'acidification influencent la texture du gel en contrôlant son taux de déminéralisation **(Mc SWEENY *et al* ; 2004).** Le gel acide obtenu est friable, lisse et homogène.

Selon **DALGEISH (1982), RAMET (1985), ALAIS et LINDEN (1997)** dans la coagulation enzymatique, plusieurs enzymes protéolytiques d'origine animale (veau, taurillons, porc et poulets), végétale (artichaut, chardon) et microbienne (Kluyvermyces, Mucor miehi, Mucorpusills et Endothia parasitica) sont utilisés.

L'enzyme la plus fréquente en fromagerie est la présure, secrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait. Son mécanisme d'action fait apparaître trois étapes **(ALAIS et LINDEN 1997 ; BRULE *et al* ; 1997)** : hydrolyse enzymatique de la liaison peptidique phe105-Met106de la caséine k, ensuite agrégation des micelles de caséines déstabilisées et puis développement d'un réseau par réticulation et formation d'un gel.

Les gels obtenus sont élastiques et peu friables. Leur raffermissement est rapide et important par rapport au gel lactique. Leur porosité est bonne, mais leur imperméabilité est forte **(RAMET, 1985).**

- **La coagulation par acidification :**

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique (à pHi=4,6) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique ou encore par ajout de protéines sériques à pH acide **(DALGLEISH *et* CRRREDIG 2012).**

Elle est consécutive à l'abaissement du pH, qui a pour effet de réduire l'ionisation des caséines. Il en résulte une réduction de la charge des molécules protéique avec solubilisation du phosphate de calcium micellaire conduisant à la précipitation des caséines à leur pH isoélectrique **(FREDOT, 2006).**

Lors d'une acidification du lait de pH 6,7 passe à un pH=5, la structure de la micelle de caséine change, sa taille diminue et elle perd sa surface hétérogène, ce qui

indique que cette structure est fortement sensible aux variations des constituants minéraux et à la charge de la caséine **(OUANEZAR *et al.*, 2012).** En effet, à un pH=5,3 la micelle perd la majorité des ions de calcium, de phosphate et du magnésium **(MARCHIN *et al.*, 2007)** ; tout le phosphate inorganique sera perdu lorsqu'on atteint un pH=5,2 ; quant aux ions de calcium ils seront complètement perdus à un pH= 4,6 **(GAUCHERON *et al.*, 1997)**

- **La coagulation enzymatique :**

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques **(DALGLEISH *et* CRRREDIG 2012).**

La coagulation enzymatique du lait peut se décomposer en trois étapes **(Eck *et* Gillis, 1997 ; Mahaut *et al.*, 2000) :**

***La phase primaire ou enzymatique** déclenche la coagulation par hydrolyse de ???? au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106). Il y a libération du caséinomacropeptide (CMP 106-169) et diminution des répulsions électrostatiques qui à l'état initial, contribuent à la stabilité du système colloïdal.

***La phase secondaire :** correspond à la coagulation proprement dite ; elle commence lorsque pH est à 6,6, la caséine k est hydrolysée de 80 à 90 %. La chaine peptidique de la caséine κ est ainsi coupée en 2 segments de caractéristiques différents. Le segment 1-105 ou para caséine κ est hydrophobe, basique et reste intégré à la micelle, le segment 106- 169 ou caséinomacropeptide est très hydrophile, acide et passe dans le lactosérum. Des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent alors entre les micelles modifiées et vont entrainer la formation du gel.

- **Coagulation mixte :**

La coagulation est réalisée par action conjointe de la présure et de l'acide lactique. Cependant, la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure. C'est ensuite, progressivement, qu'il acquiert des caractères lactiques. Selon les pâtes, les doses de présures varient de 15 à 25 ml pour 100 litres, celles des levains lactiques de 1 à 3 litres pour 100 litres à des températures de coagulation de 28 à 32°C. En jouant dans les limites précitées sur les paramètres ci-dessus, on obtient un coagulum présentant, de façon plus ou moins accentuée en fonction du fromage désiré, les caractères ci-après : contractilité moyenne déterminée par une minéralisation modérée ; possibilité d'intervention mécanique accélérant l'égouttage

dans la mesure ou la friabilité reste sans excès, c'est-à-dire ou l'acidification et la déminéralisation ne sont pas trop poussées **(FAO, 1995).**

- **Les enzymes coagulants le lait :**

***1-Enzymes d'origine animales :***

***1.1-Présure :***

***1.1.1-Origine et dénomination :***

Selon **ALAIS (1984)** et **WIGLEY (1996)** la présure de veau est la préparation coagulante traditionnelle la plus utilisée pour la coagulation du lait. De moindres quantités sont obtenues à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau, La dénomination présure est réservée à l'extrait coagulant provenant de la troisième poche de l'estomac appelée abomasum ou caillette. Elle renferme deux enzymes actives.

***1.1.2-Les composants de la présure :***

***b) La chymosine :***

La chymosine est la protéase majeure responsable d'au moins 85% de l'activité coagulante totale (**RAMET, 1997**). Elle est synthétisée sous forme de pro-chymosine, activée sous l'action du suc gastrique. Elle subit alors une conversion en chymosine active. On observe les plus fortes teneurs en chymosine chez les animaux non sevrés ; dès que la ration alimentaire renferme des aliments solides et que le jeune animal commence à brouter, la proportion de chymosine chute très fortement ; à l'inverse, la pepsine devient dominante et caractérise la sécrétion stomacale du mammifère adulte **(COGITORE, 1982).**

***c) La pepsine :***

La pepsine est le constituant mineur de la présure dont la sécrétion gastrique ne devient prépondérante qu'après sevrage (**RAMET, 1997**), A l'opposé de la chymosine, la pepsine possède une activité protéolytique élevée et une faible activité coagulante. D'après (**BROOME et HICKEY, 1990**), 20% de l'activité coagulante est assurée par la pepsine dans la fabrication fromagère (Cheddar, Emmental,)

***2- Les enzymes d'origine végétales :*** (***Cynara Cardunculus)***

Les préparations coagulantes provenant du règne végétal sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieurs, tel que le gaillet, l'artichaut, le

chardon qui ont été et ou sont encore utilisés dans des fabrications de fromages de fermiers, ainsi que le latex du figuier **(tableau v).**

Malgré les inconvénients évoqués précédemment, des études récentes ont été réalisés par différents auteurs, qui approuvent quelques avantages aux protéases extraites des végétaux. Ces dernières, sont plus stables à la chaleur par rapport aux protéases d'origine microbienne et animale **(TALANTIKITE-KELLIL, 2015**).

**Tableau 6 : Plantes locales d'Algérie utilisées pour la coagulation du lait (TALANTIKITE-KELLIL, 2015).**

| **Nom scientifique** | **Nom vulgaire** | | |
|---|---|---|---|
| | **Français** | **Anglais** | **Algerian** |
| *Cynara scolymus.* | Artichaut | Artichocke | Karnoune |
| *Cynara cardunculus L.* | Cardon | Cardoon | Thaga/ khorchef |
| *Seneciojaco baeaL.* | Séneçon | Ragwort | Debouz-el-arabe |
| *Ficus carica L.* | Figuier | Figtree | Kerma |

**II .5 .3-Egouttage :**

L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et aw) et chimique du caillé et par conséquent l'affinage du fromage **(WEBER, 1997).**

Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique et thermique, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matière grasse) **(RAMET, 1986 et 1997).**

**II .5 .4-Salage :**

En fromagerie, le salage est une phase indispensable de la fabrication des produits affinés. La teneur en sel des fromages varie selon le type de fromage, en moyenne elle est de 0,5-2 g/100 g dans la plupart des fromages, dans certains cas (les fromages bleus et quelques fromages de chèvres), elle peut s'élever à 3-4 g/100g. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure ont des teneurs assez élevées (8-15 g/100 g).

Les modalités de salage sont par saumurages (Emmental, et Camembert), salage à sec et salage en masse **(ALAIS et LINDEN, 1997).** Le salage en masse est utilisé dans les fabrications traditionnelles de quelques fromages typiques du bassin méditerrané. Il permet la préservation du lait, prolonge les phases de coagulation et d'égouttage du fromage (RAMET, 1986).

Le sel permet d'atteindre l'humidité appropriée du fromage **(PONCE DE LEON GONGALEZ *et al* ; 2000)**. Il exerce, selon sa concentration, une action microbienne sélective et un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes.

A titre d'exemple, la croissance des bactéries lactiques des levains est inhibée à une teneur en sel supérieure à 2,5 g/100 g, est pratiquement nulle au-dessus de 5 g/100 g. Penicillium roqueforti (champignon ascomycète saprophyte) subit une inhibition de la germination des spores pour des taux de 3-6 g/100 g. L'effet du sel sur le développement de la flore microbienne des fromages ne peut toutefois être apprécié pleinement qu'en tenant compte de la tolérance des microorganismes au sel dans le milieu fromage et de la teneur en sel de la pâte fromagère (**CHOISY *et al* ; 1997 b).**

**II. 5. 5-Affinage des fromages :**

L'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage **(BENNETT et JOHNSTON, 2004).**

C'est un processus biochimique complexe et long qui correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé par les différents agents **(JEANTET *et al* ; 2008).**

Le fromage devient donc le siège de différentes dégradations qui s'effectuent simultanément ou successivement aboutissant à la libération de substances sapides et odorantes en même temps que la modification de la texture **(CHOISY *et al* ; 1997 a).**

Le fromage est ainsi comparé à un bioréacteur complexe dont le praticien devra maitriser l'évolution pour la porter vers les caractéristiques optimales recherchées **(RAMET, 1997).** La durée d'affinage varie selon le fromage, elle dure quelques semaines à deux ans ou plus à des températures spécifiques pour les différents types de fromages **(FOX *et al* ; 1994).**

**Etude sur la plante :**



**Figure III** : Photographie de : Cynara cardunculus (photo original)

***b)*** **Origine *:***

Les trois sous-espèces le chardon sauvage, l'artichaut et le chardon cultivé sont à l'origine des plantes méditerranéennes Il est établi que l'artichaut a sûrement été domestiqué en Sicile, alors que le cardon a été domestiqué dans l'ouest de la Méditerranée, probablement en Espagne ou en France. On trouve des cardons aussi bien à Chypre, à l'est, qu'au Portugal et aux îles Canaries, à l'ouest, mais il est cultivé principalement en Italie, en France, en Espagne et en Afrique du Nord (**FAO, 2017**).

**c) Description :**

Le terme « cardon » a été emprunté au provençal, du latin cardo-onis, chardon. C'est une forme très voisine de l'artichaut, qui fut parfois classé dans une espèce différente (Cynara scolymus), mais qui est désormais considéré comme une forme de Cynara Cardunculus L. subsp. Carduculus. On dit même que du genre cynara on connaît deux espèces la carduculus (chardon) et la scolymus (artichaut). **(KOUBAA et DAMAK,2003)**

Selon **OZENDA (1983), DJERROUMI et NACEF (2004), BRICKELL (2004),** le chardon présent un système racinaire pivotant très profond, lui confère une bonne résistance à la sécheresse et sans doute à des froids pas trop intenses. Les graines sont des akènes oblongs surmontés d'une airette plumeuse qui se séparent

facilement. Dans le commerce des graines, il existe deux variétés de chardon : l'une inerme et l'autre épineuse, seule la variété à épine est cultivée car elle dégage ce bon goût typique du cardon. **(**Le chardon qui est une espèce à caractère méditerranéen pousse à l'état naturel dans des milieux relativement secs. Cependant, il préféré un sol frais, profond, bien drainé, fumé et riche en matière organique et une exposition ensoleillée, à l'abri des vents violents. Sa multiplication se fait au printemps, par semis en pépinière abritée ou en place après les gelées, en Avril-mai. En cas de semis en pépinière, les plantes sont repiquées au stade 3 à 4 feuilles lorsque la température ambiante dépasse les 121 °C. La récolte intervient à l'automne, 5 à 6 mois après le semis. **(OZENDA,1983 et BRICKELL, 2004).**

**d) Systématique :**

Selon **QUEZEL et SANTA (1963)**, on peut classifier le chardon comme suit :

Genre : Cynara.

Espèce : Cynara cardunculus.

**e) Caractéristiques de la plante :**

Le chardon est une plante vivace, robuste, raide, dressée d'une taille de 80 à 150cm,

**(QUEZEL et SANTA, 1963 ; COSTE, 1983)**. Elle ne forme la première année qu'une rosette de feuilles stériles, **(BAYER *et al* ; 1990)**. Selon **QUEZEL et SANTA (1963) et BAYER *et al* (1990)**, les caractéristiques de la plante sont comme suit :

- ✓ Feuilles : Radicales en rosette, elles sont longues de 30 à 60cm. Elles sont blanches tomenteuses en dessous, aranéeuses en dessus, dentées, épineuses comportant des lobes triangulaires ou lancéolés.
- ✓ Hampes : Bien qu'un peu rameuses dans le haut, elles sont puissantes et ont une taille de 40 à 60cm.
- ✓ Capitules : Gros, ils sont de 4-5cm de large. Ils sont isolés, terminaux, ovoïdes à écailles lancéolées. Leur base est étalée, charnue et termine en fortes épines.
- ✓ Akènes : Non ailées, elles ont une couleur jaunâtre souvent maculée de brun.
- ✓ Fleurs : De couleur allant du bleu au violet, elles ont toutes la même forme. Elles sont androgynes tubulaires se terminant par 5 pointes.

**f) Composition chimique du chardon : (BAGHDAD, 2010)**

Le tableau suivant donne la composition chimique du chardon en pourcentage de sa matière sèche (MS)

**Tableau 7 : Composition chimique du chardon en % de matière sèche**.

| Composes chimiques | Cardon |
|---|---|
| Protéines totals | 22,66 |
| Protéines pures | 19.13 |
| Fibres aliinentaires | 11,62 |
| Matiere grasse | 01,25 |
| Sucres totaux | 14,28 |
| Matiere minérale | 12,40 |
| Substances extractiblus non azotés | 46,28 |

La teneur en eau du cardon est estimée de 85%. Les protéines ont l'aptitude à couvrir les besoins en azote et en acides aminés, pour cette raison des travaux faits par **BAGHDAD (2010)** estiment que le cardon est classé parmi les légumes les plus riches en protéines et de même l'azote total du chardon est presque entièrement constitué d'azote protéique.

D'après les travaux faits par **BAGHDAD (2010) et LUGASI (2003)** et en comparaison avec d'autre légume, le cardon peut être classé parmi les légumes pour sa teneur en flavonoïdes. Le tableau 8 donne la composition en phénols et flavonoïdes

**Tableau 8 : Teneur en phénols totaux (mg/100g) et flavonoïdes (mg/Kg)**

| | Cardon |
|---|---|
| Phénols totaux | 45 |
| Flavonoïdes | 43.5 |

### g) Localisation du système enzymatique dans le végétal :

Très nombreux travaux ont été effectués sur la protéase du chardon. Les premiers sont ceux de **CHRISTEN et VIRASORO en (1935)**. Déjà à cette époque ces deux auteurs affirmaient que l'enzyme se trouve exclusivement dans les fleurs. Bien que les fleurs du chardon aient été la partie du végétal utilisée pour la fabrication fromagère depuis une époque très lointaine **(HEIMGARTNER *et al* ; 1990)**, il a été prouvé que les chardosines sont des enzymes organo-spécifiques, ce qui veut dire qu'elles sont spécifiques aux fleurs. Plus que cela, on a découvert que ces cardosines se trouvent à concentration élevée dans la partie violette des corolles, et plus les fleurs sont matures, plus la partie violette de leur corolle est grande donc leur concentration en enzyme est élevée **(TSOULI, 1974)**. Ceci dit, la concentration maximale est celle se trouvant au niveau des stylés et de manière exacte, dans les cellules épidermiques des stylés. Cependant, aucune protéase n'a pu être détectée dans les feuilles aussi bien que dans les graines **(CORDEIRO *et al* ; 1994, ROSEIRO *et al* ; 2003).**

### h) Utilisation de l'extrait des fleurs de chardon dans la fabrication des fromages en Algérie :

Dans les hauts plateaux, et plus exactement dans les petits villages qui entourent la région des *Aures*, on avait l'habitude de fabriquer un des fromages les plus communs du pays le *Djben* à base de lait de brebis. En été, la fabrication de ce fromage se fait en utilisant un extrait des fleurs de chardon. Ces fleurs cueillies des capitules de chardon, sont utilisées directement sans être préalablement séchées. Une touffe de fleurs est prise et mise dans un peu de laine lavée ; Cette touffe est bien écrasée durant quelques minutes à l'intérieur de la laine, pour faire sortir l'extrait enzymatique des fleurs. Le tout est bien essoré au-dessus d'une quantité de lait (1 à 5 litres) et ceci jusqu'à l'obtention de quelques gouttes d'un liquide jaunâtre qui seront ajoutées au lait. Le lait est bien mélangé et mis au soleil durant environ 30min. Le caillé obtenu est débarrassé de son sérum par un égouttage assez poussé à l'aide d'une toile ; Le *Djben* obtenu peut être consommé directement ou après salage **(MENNANE *et al* ; 2007 ; NOUANI *et al* ;2009 ; AQUILANTI *et al* ; 2011).**

***I.5.3-Les enzymes d'origine microbiennes :***

En pratique, l'utilisation des préparations enzymatiques microbiennes a été soumise à une stricte réglementation, imposant des contrôles hygiéniques (liés à leur production et extraction) et toxicologiques sévères, afin d'éviter tout risque de toxicité liée à la présence d'antibiotiques et/ou d'aflatoxines (**NOOR-DEVILLIETETAL., 1983**). Ces coagulants peuvent être facilement produits par fermentation.
Toutefois, ils montrent une forte activité protéolytique pendant la fabrication du fromage, ce qui peut entraîner une perte de protéine, un rendement plus faible, et la génération de saveur désagréable (**HARBOE et al., 2010**).

On distingue deux catégories de protéases microbiennes : les succédanés d'origine bactérienne et les succédanés d'origine fongique**.**

***c) Les enzymes d'origine bactérienne :***

Depuis une quarantaine d'années, une puissante industrie de transformations s'est développée dans le monde. Elle produit des substances variées dont une grande partie d'enzymes qui trouvent de nombreuses applications dans des secteurs industriels variés et en particulier des protéases susceptibles de coaguler le lait.
Ce sont surtout les souches du genre Bacillus : *Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Bacillus polymixa et Bacillus coagulans,* qui ont fait l'objet de plusieurs recherches pour la production de coagulases. Leur utilisation demeure limitée par suite de réglementation stricte et leur prix de revient élevé. D'autre part, leur aptitude à la coagulation est meilleure que celle d'origine végétale et moins bonne que celle des enzymes produites par les moisissures. Les cahiers obtenus manquent de cohésion du fait d'une trop forte activité protéolytique par comparaison à la présure animale (**ALAIS, 1984**).

***d) Les enzymes d'origine fongique :***

Au contraire, ils ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure (Pa) ; plusieurs préparations sont déjà commercialisées sur le marché international et utilisées à plus ou moins grande échelle selon les pays. Ces préparations proviennent de trois genres de moisissures : Endothia parasitica (E.p.), Mucor pusillus (M.p.), Mucor miehei (M.m.) (**ALAIS ,1984).**


CHAPITRE II

***But :***

Le but de cette étude est de réaliser des analyses de contrôle de qualité d'ordre physicochimique sur ce type de fromage traditionnelle à partir d'un extrait des fleurs du cardon, artichaut et présure animal (chymosine et pepsine).

## I. Matériel et méthodes :

### *I-1. Matériels d'étude :*

Lait de vache : le lait provient d'une ferme pilote de la région de wilaya de Médea. Après la réception du lait, il a été placé dans un réfrigérateur avant d'effectuer les tests préliminaires pour la coagulation.

Les présures d'origine végétal qui sont les extraits enzymatiques obtenu à partir des fleurs du cardon et artichaut (Voir le protocole d'extraction ci-après).

La présure d'origine animal qui est extrait de l'estomac de vache ou chèvre. Elle nous est fournie par un particulier.

### I-2. Matériels de préparation :

- ✓ Balance.
- ✓ Casserole.
- ✓ Thermomètre.
- ✓ Béchers.
- ✓ Cuillère à soupe
- ✓ Passoire.
- ✓ Extracteur électrique de jus.
- ✓ Pipete.
- ✓ Burette
- ✓ L'étuve.
- ✓ Centrifugeuse.

### II.1-Préparation de la solution de coagulation :

**3. Cynara cardunculus:**

a) Obtention de l'extrait enzymatique à partir tics fleurs du cardon :

**CHRISTEN C. et VIRASORO E, 1935.** Ont montré que la propriété qu'ont certains végétaux de coaguler le lait est connue depuis bien longtemps. Ce phénomène est dû à la présence d'une enzyme dont les caractères semblent être pareils *à* ceux du lab. Enzyme coagulante qui se trouve généralement dans l'estomac des mammifères.

Cette enzyme est assez répandue dans le règne végétal et chez les êtres inférieurs. On la trouve dans les composés, les crucifères, les rubiacées, les renonculacées, les solanacées, les plantes carnivores, les algues brunes, les basidiomycètes etc...

b) Préparation de la solution coagulation :

On a pesé 5 g de fleurs de chardon : La fleur de chardon est infusée dans de l'eau chaude pendant environ 2 heures, puis hachée, avant d'être filtrée dans une passoire. L'infusion obtenue est ensuite plongée dans le lait.



**Figure IV :** Préparation de la solution de présure de fleur de cardon (Photos originales).

**4. Cynara scolymus (artichaut):**

On prend l'artichaut et on enlève la partie intérieure puis on écrase ce dernier à l'aide dans extracteur électrique de jus.



**Figure V :** Extraction de la partie intérieure d'artichaut (photos originales)

Au préalable, plusieurs essais de coagulation ont été réalisés afin de déterminer la quantité d'artichauts nécessaire pour obtenir un extrait enzymatique brut qui permet la meilleure coagulation.

- Séparation du solide du liquide :

On est utilisé dans le processus de séparation :

a) Centrifugeuse (12000 tr/min) de laboratoire de biologie à Université Houari Boumediene.
b) Centrifugeuse (6000 tr/min) de laboratoire de biologie à Université Yahia Farès.



**Figure VI :** Photographie de la centrifugeuse à 12000 tr/min




**Figure VII :** Photographies de la centrifugeuse 6000 tr/min



**Figure VIII :** Résultats de séparation de jus d'artichaut (photos originales).

## II.2- Les lests préliminaires pour la coagulation du lait :

Dans notre étude, on a fait plusieurs tests préliminaires pour mettre en évidence la coagulation du lait en utilisant le foin d'artichaut, vinaigre, citron, levure, les fleurs du cardon et présure animal.

Dans le premier essai (préliminaire), nous avons pris les feuilles d'artichaut, vinaigre, citron, levure et les fleurs du cardon sèches.

**Essais réalisés :**

Afin de se familiariser avec ces manipulations, nous sommes passés par plusieurs étapes d'essais afin de tester les connaissances théoriques apprises au chapitres précédents



**Figure IX :** étuve de laboratoire d'université de Médéa

**Essai préliminaire :**

Nous ajoutons quelques gouttes ou une pincé du coagulant au lait et on laisse le lait dans l'étuve à la température de 40 ºC.

100 ml de lait de vache + fleurs séchées de cardon ⟹ coagulation.





**Figure X :** Coagulation de lait cru par fleurs séchées de cardon

100 ml de lait de vache + quelque goutes de vinaigre ⟹ coagulation.

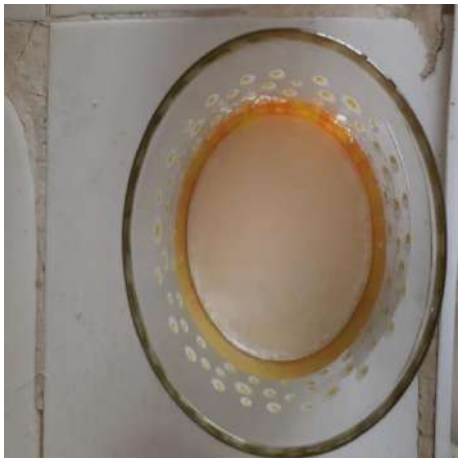



**Figure XI :** Coagulation de lait cru par vinaigre

100 ml de lait de vache + quelque goutes de citron ⟹ coagulation.




**Figure XII :** Coagulation de lait cru par citron

100 ml de lait de vache + d'artichaut ⟹ coagulation.




**Figure XIII :** Coagulation de lait cru par artichaut

100 ml de lait de vache + quelque milli grammes levure ⟹

pas de coagulation.




**Figure XIV :** lait cru + levure

Lait témoin ⟹ pas de coagulation.

**1er essai :**

100 ml de lait de vache+ quelque goutes d'extrait de fleur de Cynara ⟹ Coagulation.

100 ml de lait de vache+ quelque goutes de présure ⟹ Coagulation.

100 ml de lait de vache + quelque goutes d'extrait d'artichaut ⟹ Coagulation.

Lait témoin ⟹ pas de coagulation.

**2éme essai :**

100 ml de lait de vache + 1 ml d'extrait de fleur de cynara ⟹ Coagulation.

100 ml de lait de vache + 1ml de présure animale ⟹ Coagulation.

100 ml de lait de vache + 1 ml de jus d'artichaut ⟹ Coagulation.

**II-3. Égouttage :**

Après coagulation du lait, on le débarrasse de lactosérum à l'aide d'un tissu mousseline.

Cette étape a duré environ 1h à 1h et 30 min.

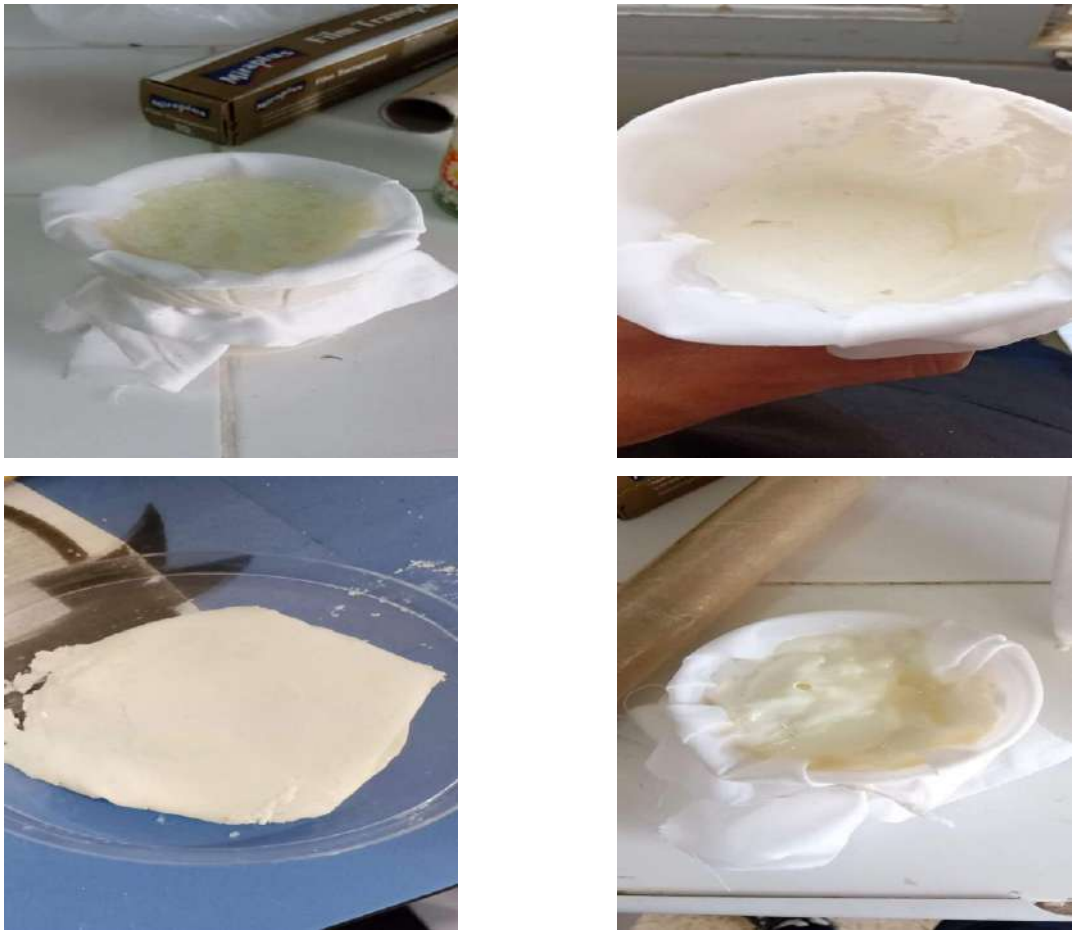


**Figure XV** : Egouttage du lait coagulation à l'aide d'un tissu mousseline.

## *III- Les analyses :*

Les analyses physico-chimiques du lait et du fromage ont été effectuées au sein du Laboratoire d'universitaire de Médea.

### III.1-Les analyses physico-chimiques du lait :

#### III.1.1. Détermination de la matière grasse :

Toutefois dans l'industrie laitière (paiement du lait à la matière grasse et contrôles de fabrication) et dans les contrôles laitiers, une méthode volumétrique, moins rigoureuse mais qui bénéficie d'une très longue expérience et se prête au travail en grande série est appliquée : la méthode acido-butyrométrique de Gerber.

**a) Principe de la méthode acido-butyrométrique :**

Il est nécessaire de détruire l'état globulaire de la matière grasse pour pouvoir la séparer. Cette destruction est assurée par l'acide sulfurique concentré d =1.825.

L'addition d'acide entraîne également la dissolution totale de la caséine ce qui favorise une bonne séparation entre la phase grasse et non grasse du lait, la séparation est accentuée par l'utilisation de l'alcool iso amylique.

La détermination de la matière grasse est réalisée dans un appareil étalonné, appelé butyromètre. Un butyromètre est constitué d'un corps surmonté à une extrémité d'un col et à l'autre d'une tige graduée ou s'accumule la matière grasse. Chaque graduation représente 0.1% matière grasse, soit I g par litre.

**b) Technique :**

A l'aide d'une burette automatique, introduire dans le butyromètre 10 ml d'acide sulfurique (d = *1.825)* en évitant d'en humecter le col.

A l'aide d'une pipette spécialement graduée (à un trait), prélever Il ml de lait homogène ; les introduire dans le butyromètre en plaçant la pointe de la pipette, inclinée à*45°*, en contact avec la base du col du butyromètre et en laissant le lait couler très lentement au début afin d'éviter un mélange prématuré de lait avec l'acide, ce qui rendrait la lecture finale difficile.

Ajouter ensuite 1 ml d'alcool iso amylique à l'aide d'une burette automatique et boucher le butyromètre avec un bouchon de caoutchouc sec.

Envelopper le butyromètre d'un chiffon et agiter en maintenant le bouchon avec le pouce jusqu'à dissolution complète du coagulum.

Rendre le mélange homogène par retournements successifs en vidant l'ampoule terminale à chaque retournement.

Du fait du mélange acide- lait, le contenu de l'appareil se trouve porté à environ 80 *-85 1.* Cette température favorise la séparation de la phase grasse du nom gras en introduisant immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse.

Centrifuger pendant *5* à 7 minutes à 1000— 1200 tours/minute.

Effectuer rapidement la lecture sur le butyromètre en ajustant soigneusement le bouchon du col à O pour avoir la valeur exacte de la matière grasse.

***III.1.2.* Détermination de l'acidité titrable :**

**a) Principe :**

Le lait présente une acidité qui peut être titrée par la soude en présence de phénolphtaléine virant de l'incolore au rose vers pH 8,4

**b) Technique :**

Introduire dans un tube à essai 10 ml de lait (pipette de précision) et Ajouter 0,1 ml (deux gouttes) de phénolphtaléine à 1 % dans l'alcool à *95 %, Verser* avec une burette une solution de soude de normalité de 0.1 jusqu'à coloration rose persistante durant une dizaine de secondes et noter le nombre de ml versé.




**Figure XVI :** Test de l'acidité Dornic (photos originales)

***III-1-4*- Détermination de l'Humidité :**

Pour calculer l'humidité on utilise la loi suivante :

$$H\ \% = 100 - ES$$

ES : représente l'extrait sec.

## III.2. Analyses physico-chimiques d'un fromage :

Selon les normes d'**AFNOR (1986) :**

### III.2.1. Détermination du poids :

Après égouttage, l'échantillon est mis dans un pot puis pesé à l'aide d'une balance électronique**.**

### III.2.2. Détermination du pH :

On introduit dans un bécher 10g d'échillon avec 100ml d'eau distillée qu'on mélange sous un agitateur magnétique. Le mélange obtenu doit être laissé au repos pendant une

heure, puis on immerge les électrodes reliées au pH-mètre. La lecture se fait directement sur l'écran du pH-mètre.

### III.2.3. Détermination de l'acidité titrable :

Mesure de l'acidité Dornic par le titrage de la soude NaOH (1/9N) en présence de quelques gouttes de phénolphtaléine à 1%, comme indicateur de coloration. **(LARPENT, 1997).**

Pour mesurer cela on suit ces étapes **(LUQUET, 1985)**

- ✓ Transverser 10 ml d'échantillon dans un bécher.
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.
- ✓ Titrer avec la soude jusqu'à un virage du couleur vers le rose.

L'acidité est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V_{NaOH} \times 10$$

**$V_{NaOH}$** : Volume de NaOH utilisé pour titrer l'acide lactique contenu dans les 10ml de lait.

### III.2.4. Détermination de la matière sèche :

La méthode consistée à mettre 5 g de fromage dans une capsule d'étuvage qui est placée dans une étuve à une température comprise entre 103°C ±2°C. Les capsules sont ensuite transférées dans un dessiccateur pendant quelques minutes le temps qu'elles refroidissent et atteignent la température ambiante, puis elles sont pesées. Le résultat est calculé selon la formule :

$$Ms = \frac{(m2-m0)}{(m1-m0)} \times 100$$

Avec : ***m0** : le poids de la capsule vide.

*** m1** : le poids de la capsule + poids d'échantillon avant étuvage.

***m2** : le poids de la capsule plus celui d'échantillon après étuvage et dessiccation.

### III.2.5-Détermination de rendement :

Expression et calcul **:** $R = \frac{Mf}{\text{Ml+Mp}} \times 100$

R : rendement fromager (%)

Mf : masse de fromage obtenu (g)

Ml : masse de lait utilisée (g)

Mp : masse de coagulant ajoute.

**III-3- Analyses organoleptiques :**

La qualité organoleptique de notre de fromage est évalué par un jury composé de quatre personnes de ma famille, elle consiste en cinq paramètres différents :

*** La couleur :** traduit l'influence de la flore microbienne présente ainsi que les composés facultatifs ajoutés.

*** L'aspect :** traduit le volume d'eau présent (taux d'humidité).

*** La texture :** traduit les forces de liaison entre les différentes particules du coagulum.

***Le goût :** se rapporte à une estimation générale et tranchante ainsi qu'à une détection de toute anomalie possible.

*** L'odeur :** traduit la qualité aromatisant du fromage **(NICOD et HAVET., 1986).**


CHAPITRE III

Afin de garantir une production quantitative et qualitative satisfaisante, il est important d'effectuer des analyses physico-chimiques et organoleptiques sur la matière première destinée à la fabrication du fromage.

## I-Analyses physico-chimiques de lait cru :

- **Détermination de pH et l'acidité titrable :**

Les résultats relatifs aux analyses physicochimiques des échantillons de lait sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 9 :** Résultats des analyses physicochimiques des trois échantillons de lait cru.

| Echantillon | Echantillon 1 | Echantillon 2 | Echantillon 3 |
|---|---|---|---|
| pH | **6.95** | **6.72** | **6.83** |
| Acidité titrable | **18.5** | **17** | **16.5** |

- **Détermination du pH :**

La valeur moyenne du pH qui est de 6,82 (tableau 9). Le lait analysé est conforme à la norme (6,6-6,8). Selon **J.O.R.A (2004)**, le pH n'est pas une valeur constante et peut varier selon le cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Dans le cas où le pH est inférieur à la norme cela indique une acidification du lait, qui peut être due à un stockage inadéquat **(DIAO, 2000).**

- **Détermination de l'acidité titrable :**

L'acidité des échantillons de lait cru est globalement acceptable avec une moyenne de 17.33°D (tableau 9). Ces acidités titrables sont conformées à la norme d'**AFNOR (1985)**, de l'acidité titrable du lait frais fixée entre 16-18°D. Cette acidité retrouvée peut être naturelle ou développée. Cette dernière peut être un indicateur de la qualité du lait au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la quantité

d'acide produite par les bactéries ou l'éventuelle fraude **(MATHIE, 1998 ; JOFFIN 1999).**

- **Détermination de la matière grasse et de l'extrait sec total :**

**Tableau 10 :** Résultats de MG et EST de lait cru.

| Echantillon | Valeurs g/l |
|---|---|
| MG (g/l) | **34** |
| EST (g/l) | **105** |

## • Matière grasse :

D'après les résultats obtenus, on constate que la teneur en MG du lait cru est de 34g/l **en 2002, VIGNOLA** a trouvé des valeurs de 24 à 37 g/l. La variabilité de la teneur en MG dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de lactation, l'alimentation et le rang de la traite **(KAMOUN, 1994).**

## • Extrait sec total :

D'après le tableau II, la valeur moyenne de l'EST (105g/l) est inférieure au taux moyen rapporté par **Paul et Southgate. (1978)** (≥129g/l), cela peut être dû selon **Preston (1988)**, à un déséquilibre dans l'alimentation du bétail.

## • Effet de la race sur le pH et l'acidité du lait :

Selon **LUQUET (1985)** et **THAPON (2005)**, un lait normal a un pH légèrement acide. Ceci est dû aux caséines ainsi qu'aux groupements phosphates et citrates présents naturellement dans le lait cru.

D'après les valeurs obtenues des analyses effectuées les moyennes du pH des laits des différentes races sont comprises entre 6,50 et 6,8 et elles sont au voisinage de la neutralité. Ces dernières sont presque toutes dans l'intervalle de conformité par rapport à la norme **AFNOR, (1986)**, (6,6-6,8).

D'après **ALAIS (1984),** l'acidité dépend de la teneur en caséines, en sels minéraux et en ions. Selon **MATHIEU (1998)**, les variations de l'acidité titrable sont liées au climat, au stade de lactation, à la disponibilité alimentaire, à l'apport hydrique, à l'état de santé des vaches et aux conditions hygiéniques lors de la traite.

Selon ces mêmes auteurs l'acidité dépend aussi de la flore microbienne totale et de son activité métabolique, ainsi que de la manutention du lait.

Toutefois, **KIM** et ***al*., (1982)**, ont rapporté que l'acidité titrable est la somme de l'acidité naturelle et l'acidité développée. Les constituants du lait qui contribuent l'acidité naturelle sont les phosphates, les caséines, des autres protéines, les citrates et le dioxyde de carbone.

A cette acidité naturelle s'ajoute l'acidité développée qu'est le résultat d'un développement des bactéries lactiques qui forment de l'acide lactique par fermentation du lactose.

Les valeurs moyennes de l'acidité titrable, comme le montre le tableau n°X sont de 16 ,00 pour la Montbéliarde, 18,00 pour la Fleckveih et de 17,00 pour la Holstein. Ces valeurs sont en accord avec les normes **AFNOR, (1986)** (16-18) et ne présentent pas de différence significative entre les différents lots de races bovines étudiées.

## II-Analyses de fromages :

### II.1-Analyses physico-chimiques :

- **Détermination de pH et l'acidité titrable :**

**Tableau 11 :** pH et acidité de chaque type de présure qui utilisé dans la fabrication de fromage

| Types des présures | Fleur de cardon | Artichaut | Animale |
|---|---|---|---|
| pH | **4.63** | **4.78** | **5.3** |
| Acidité titrable (ºD) | **80** | **67** | **77** |

**Tableau 12 :** (ES, H, MG) de chaque type de présure qui utilisé dans la fabrication de fromage

| Types de présure | Fleur de cardon | Artichaut | Animale |
|---|---|---|---|
| Extrait sec (%) | **34.5** | **43** | **40** |
| Humidité (%) | **66.5** | **57** | **60** |
| Matière grasse (%) | **16** | **19** | **17** |

- **Détermination de rendement :**

| | Fleur de cardon | Artichaut | Animale |
|---|---|---|---|
| Rendement (%) | **18** | **17** | **27** |

**II.2- Analyses organoleptiques du fromage :**

La détermination des caractères organoleptiques de notre type de fromage évaluée seulement par des gens et qui était très variable surtout pour le gout.

**Tableau 13 :** Evaluation sensorielle sur la couleur

| Couleur / Collègue | Jaunâtre | Jaune crème | Crème claire | Blanchâtre |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | * |
| 2 | | | * | |
| 3 | | | | * |
| 4 | | * | | |

**Tableau 14 :** Evaluation sensorielle sur l'aspect

| Aspet / Collègue | Sec | Hydratant |
|---|---|---|
| 1 | | * |
| 2 | | * |
| 3 | | * |
| 4 | | * |

**Tableau 15 :** Evaluation sensorielle sur la texture

| Texture / Collègue | Ferme | Granulée | Souple |
|---|---|---|---|
| 1 | * | | |
| 2 | | * | |
| 3 | | | * |
| 4 | * | | |

**Tableau 16** : Evaluation sensorielle sur le gout

| Gout<br>Collègue | Bon | Moyen | Salé |
|---|---|---|---|
| 1 | | * | |
| 2 | * | | |
| 3 | | * | |
| 4 | | * | |

**Tableau** 17 : Evaluation sensorielle sur l'odeur

| Odeur<br>Collègue | Lait cru | Beurre | Fromage |
|---|---|---|---|
| 1 | | | * |
| 2 | | | * |
| 3 | | | * |
| 4 | | * | |

Les résultats organoleptiques montrent que certaine personne préfère le fromage traditionnel sur le fromage industriel malgré que ce dernier contienne plusieurs ingrédients pour améliorer ces caractères organoleptiques et de ce fait on peut dire que chaque fromage reflète ses propres caractéristiques de point de vue qualité de son lait utilisé. Les tests organoleptiques nous ont réveillé que le fromage fabriqué à partir de l'extrait enzymatique de la fleur du cardon présente un bon gout, la couleur crème clair.

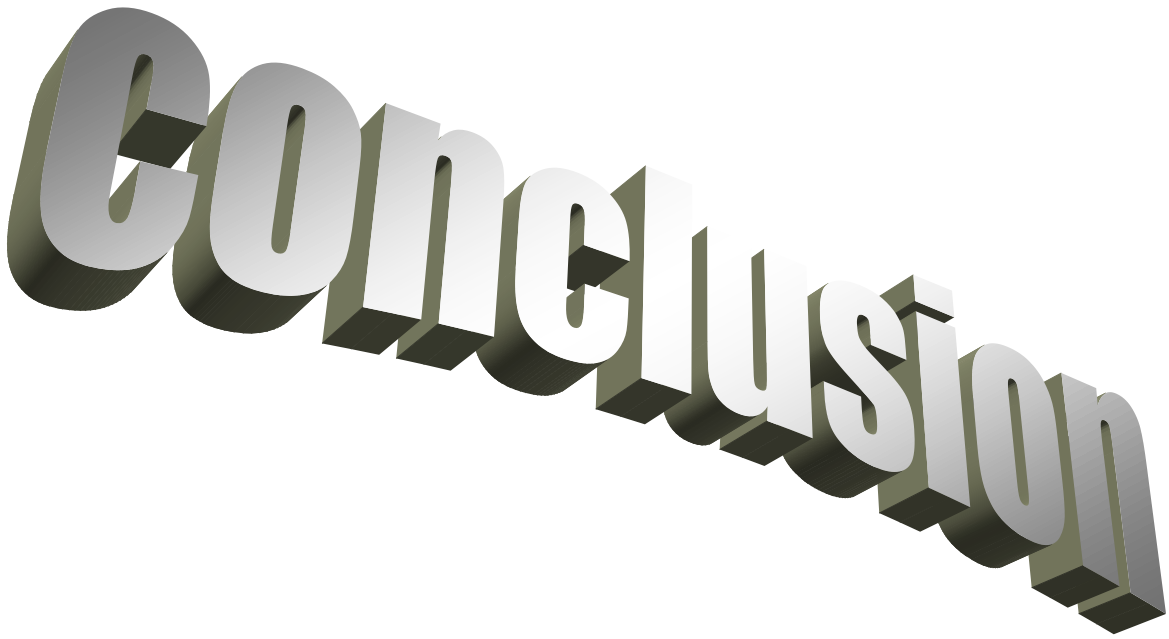
Les enzymes d'origine végétale et animale se caractérisent par une température d'activité élevée, pour la cardosine extraite des fleurs du cardon *;* des essais faites à 40- 43 oc cette enzyme est active et capable à coaguler le lait ; alors que des essais faites sur la ficine extraite du figuier, montre que l'enzyme est active jusqu'à 83°C par contre elle perd son activité à 92°C. Ainsi, par rapport à la présure, ces deux enzymes végétales supportent bien les températures élevées alors que la présure est inactive à 45°C.

D'une façon générale, les diverses préparations végétales ont donné des résultats assez décevants en fromagerie car elles possèdent le plus souvent une activité

protéolytique très élevée et produisent des fromages amers **(LO PIERO et *aL, 2002).*** Une exception a cette règle générale est représentée par l'extrait aqueux de fleurs de chardon **(VERISSIMO et *aL, 1995).***

Cet extrait est utilisé pour la production d'un fromage de brebis de haute qualité dans les pays méditerranéens et spécialement au Portugal **(Macedo et *al., 1993).*** Cet extrait est connu depuis les temps romains et donne le fromage traditionnel connu sous le nom de Serra da **ESTRELA (VIEIRA de SA et BARBOSA, *1972 ;* CAMPOS et *al., 1990).***

Des études récentes ont caractérisé, dans l'extrait de chardon, deux protéases aspartiques, les cardosines A et B **(Verissimo et *al., 1996).*** Ces enzymes sont semblables respectivement de par leur spécificité et leur activité a la chymosine et a la pepsine **(PIRES et *al, 1994 ;* VERISSIMO et al.*, 1995).***


Conclusion

Le cheptel local occupe 40 % de la production laitière nationale. La quantité de lait étant un caractère mesuré par plusieurs travaux, face au jugement négatif porté envers cette Population et face à la méconnaissance de ses aptitudes à la coagulation, nous avons jugé utile de porter notre contribution par le biais de ce travail.

Le fromage est l'un des produits le plus consommé dans l'alimentation humaine de part, sa richesse en protéines, minéraux et surtout calcium. Dans le contexte d'améliorer sa valeur nutritionnelle, on s'est proposé de fabriquer un fromage artisanal par l'utilisation des fleurs du cardons, artichaut, présure animale.

Les fleurs du cardon sont typiquement employées en Algérie, pour la production de fromage traditionnel habituellement fabriqué avec du lait cru de vache ou de brebis. Cette plante *(Cynara cardunculus.*), utilisée dans la coagulation du lait, est largement distribuée dans les pays méditerranéens, est une plante consommée traditionnellement et possédant des propriétés biologiques très intéressantes lui valant des applications dans divers domaines.

Ce présent travail nous a permis d'étudier l'aptitude des fleurs du cardon à coaguler le lait de vache, pour la production du fromage.

Tout d'abord, des tests préliminaires effectuées sur la fleur de la plante (cardons, artichaut) et de l'origine animale, indiquent une activité coagulante, mais c'est l'extrait enzymatique obtenue à partir des fleurs qui a révélé des résultats très intéressants. La durée de la coagulation du lait de vache par cet extrait était de 1 h à une température de 40 °C.

Nous avons utilisé un protocole de fabrication du fromage à la méthode traditionnelle. Les analyses physico-chimiques du lait et du fromage de ont été réalisés au laboratoire de L'Université de Médea (Hull des technologies), En ce qui concerne les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, nous avons adopté les résultats des études précédentes.

Les caractéristiques organoleptiques du fromage fait avec le lait de vache a un bon goût qui ressemble plus ou moins au fromage fabriqué à l'échelle industrielle.

Pour conclure, on peut dire que l'essai de fabriquer un fromage artisanal et l'utilisation des fleurs (chardon, artichaut) et présure animale pour la coagulation du lait de vache qui donne des bonnes résultats et proche pour les deux origines de présure (végétale et animale).

En perspective :

* Cette étude pourrait être enrichie par d'autres essais de production.
* L'étude des paramètres influençant l'activité de l'enzyme afin d'améliorer la qualité et le rendement.
* Possibilité d'utilisation de l'extrait brut du cardon pour la fabrication d'autres types de fromages et envisager la purification de l'enzyme.

Enfin pour assurer la qualité de fromage traditionnelle, nous proposons les recommandations suivantes :

*De faire des séances de vulgarisation pour les éleveurs, les producteurs et les agriculteurs sur l'importance du lait Des vaches, surtout sur le point de vue nutritionnelle et commercial.
*D'élargir l'analyse physico-chimique sur les fromages et le lait et le dosage des acides gras saturés et non saturés entre le lait et le fromage, pour montre leur Valeur nutritionnelle.
*D'étudier les différents facteurs qui influent directement sur les caractéristiques du fromage (race de l'animal, alimentation, environnement, le temps de fabrication).

# Références bibliographiques

# A

**ABI AZAR R, (2007).** Complication des protéines laitières par les extraits de goussesvertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de doctorat. Agroparistech.197p.

**ALAIS C, (1984).** Science du lait : principes des techniques laitières, 4PièmePéddition Paris, 814 p.

**ALAIS C et LINDEN G, (1997).** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ième éd., Masson, 248p.

**ALAIS C et LINDEN G Mielo L.,2008** .Abrégé en biochimie alimentaire .Paris ,Dunod,260p

**AMIOT J., FOURNIER S., LEBOEUF Y., PAQUIN P. et SIMPSON R. (2002)**. Composition,propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait pp, in Science et technologie du lait transformation du lait coordonnateur Vignola C.C, Fondation de technologie laitière du Québec 395P.

**AQUILANTI L., BABINI V., SANTARELLI S., OSIMANI A., PETRUZZELLI A., CLEMENTI F, (2011).** Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese manufactured with aqueous extract of Cynara cardunculus dried flowers. Letters in Applied Microbiology, 52, 651–659p.

**ATTIA H., KHERONATOU N. et AYADI J, (2000).** Acidification chimique directe
du lait. Corrélations entre la mobilité du matériel micellaire et micro et macrostructure des laits acidifient. SCI. des aliments, 20, 289-307**.**

# B

**BEGHDAD M.CH., 2010.** Etude phytochimique et activité antioxydante de Quelques Espèces végétales du Nord-ouest Algérien. These de Doctotat.Pp 122-146.

**BAYER E., BUTTLER K.P., FINKINZELLER X, (1990).** Guide de la flore méditerranéenne Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces.
Ed. Neufchatel, Suisse, 287p

**BELLAL M.M., DADIE A, (2009).** Characterization of the purified coagulant extracts derived fromartichoke flowers (Cynara scolumus) and from the fig tree latex (Ficus carica) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. J. Food Technol., 7(1), 20-29.

**BENNETT R.J. and JOHNSTON K.A, (2004).** General Aspects of Cheese Technology. Pp 23-50. In Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups. Third edition, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCSWEENEY, T M. COGAN and T.P.GUINEE. AMSTERDAM. 434p.

**BRICKEIL CH, (2004).** Encyclopédie universelle des 15000 plantes et fleurs de jardin. Ed, Larousse. ISBN. 2-03-56038 1-1.

**BROOME, M. C., & HICKEY, M. W, (1990).**Comparison of fermentation produced chymosin and calf rennet in Cheddar cheese. Australian Journal of Dairy Technology, 45(2), 53-59

**BRULE, G. LENOIR, J.. et REMEUF, F. (1997)** : **L**a micelle de caséine et la coagulation du lait. *In L*e fromage. Eck A., et Gillis, J. C. Lavoisier, Tec & Doc. Paris. 7-39.

# C

**CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., LAMBER G., et LENOIR J, (1997) (a).** Biochimie de l'affinage. Dans Le fromage (Coord. ECK A. et GILLIS J.C.), 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier. pp 89.

**CHOISY C., DESMAEAUD M., GUEGUEN M., LENOIR J., SCHMIDT J., et TOURNEUR C, (1997) (b).** Les phénomènes microbiens, Dans Le fromage (Coord. ECKA. et GILLIS J.C.), 3ème ed., Tec et Doc. Lavoisier. pp 377.

**CHRISTEN C., VIRASORO E., 1935.** Mémoires originaux. Présures végétales. Extraction et propriétés. Vol *15.* P p354- 363.

**COGITORE, A, (1982).** Traité pratique de réglementation laitière, laits et produits laitiers.

**CORDEIRO M.C., PAIS M.S., BRODELIUS P.E, (1994).** Tissue-specific expression of multiple forms of cyprosin (aspartic proteinase) in flowers of Cynara cardunculus. Physiologia plantrum, 92, 645-653p.

**COSTE H, (1983).** Flore descriptive et illustrée de la France, la Corse et des contrées limitrophes. Librairie scientifique et technique A. Blanchard, Paris, 627p

**CROGUENNEC, T. JEANET, R. BRULE, G. (2008)** : Fondement Physicochimiques De LaTechnologie Laitière. Editiontec & Doc. 11,Rue Lavoisier 75008 Paris.

## D

**DALGLEISHD. G, (1982).** The enzymatique coagulation of milk. In developments in
dairy chemistry - 1- Proteins (Coord. FOX P.F.) A.S. Publishers, pp.157-188, 410 p.

**DALGLEISH D.G. (2007)**. The casein micelle and its reactivity. Lait (87): 385-387

**DALGLEISH D.G. et CORREDIG M., 2012**. The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. Annu. Rev. Food Sci. Technol.; 3:449–467

**DEBRY, G. (2001) :** Lait, Nutrition et santé, Jean-Pierre Poulin « Représentation sociales dulait ». Ed : Tec et Doc. Paris. Lavoisier, 498p

**DJERROMI A., NACEF M, (2004).** 100 Plantes médicinales d'Algérie. Ed: palais du
livre.ISBN, 9961-749-25-1. pp 55.

## E

**ECK .A, (1987**). Le fromage. 2ème édition. Technique et documentation. Lavoisier, paris 390p.

## F

**FAO. (1995).** Le lait et les profuits laitier dans la nutrition humaine. Rome, 262p.

**FOX P.F., SNIGH T.R. and SWENEY M.C, (1994).** Proteolysis in cheese duringripening. In:Biochemistry of milk products. (Ed. FOX P.F.) P.1-31, The Royal Society of chemistry.

**Fox PF. (2003).** The major constituent of milk. In: dairy product safty and qualité. 42: 166-170.

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

## G

**GASTALDI-BOUABID E,(1994).** Etude de l'évolution des micelles de caséine au cours de l'acidification : mise en évidence d'un état de transition entre pH 5.5 et pH 5.0 – Thèse Doctorat Académie de Montpellier. Université de Montpellier II.

**GAUCHERON F., FAMELART M.H., MARIETTE F., RAULOT K., MICHEL F., LEGRAET Y., 1997.** Combined effects of temperature and high-pressure treatments on physicochemical characteristics of skim milk. Food Chem.; 59:439–447.

**GOUDEDRANCHE. H, CAMIER -CAUDRAN .B, GASSI J-Y, SCHUCK .P, (1999).** Procédés de transformation fromagère (partie 1) F 6305, Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, vol. F1

**Gosta B. (1995).** Manuel de transformation du lait. Ed Tetra packs processing systems A B. Sweden. 423p.

**Grappin R, Lefier D et mazerolles G. (2006).** La spectroscopie infrarouge et ses applications analutiques. Ed dunod, Paris, 583- 626

**Grignon R.V ,1975.** Technologie du tait .Ed : la maison rustique. Paris 714 P.

# H

**HARBOE, M., BROE, M. L., &QVIST, K. B, (2010).** The production, action and application of rennet and coagulants. Technology of cheesemaking, 2.

**HEIMGARTNER U., PIETRZAK M., GEERSTSEN R., BRODELIUS P., DA SILVA FUGUEIREDO A.C., PAIS M.S.S, (1990).** Purification and partial characterization of milk clotting proteases from flowers of Cynara cardunculus. Phytochemistry, 29, 1405–1405.

**HERMIER J, LENOIR J et WEBER F. (1992).** Les Groupes d'Interet Laitier. Ed: CEPIL.

**HUPPERTEZ, T.UPADHYAY, Y., KELLY, K. et TAMIME, A.Y. (2006):** Constituent and properties of MILK from different species, Brined cheeses, Edited by Dr Adnan tamime. Copyright Blackwell Publishing, Ltd Pp : 1-34.

# J

**JAEGGI J. J. and HOUCK K. B, (2000).** Influence of Salting Procedure on the Composition of Muenster-Type Cheese. J Dairy Sci 83:1396–1401p

**JEANTETR . CROGUENNEC T. MAHAUT M. SCHUCK P. BRULE G, (2008).** Les produits laitiers . Ed. Tec& Doc, Lavoisier, 184p.185 p.

**JEANTET ROMAIN, THOMAS CROGUENNEC, PIERRE BRULE, (2007).** Science Des Aliments : Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits. 2 : 12, 15 Tec & Doc Lavoisier. Londres-Paris New York. L.). Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia, 32,203–221pp..

**J.O.R.A.n◦69, (1993**). Arrête interministériel du 29 Safar1414 correspondant au 18 aout 1993 relatif aux spécifications et à la représentation de certains laits de consommation. P. 16.

## K

**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.

**Koubaa, I. and M. Damak (2003).** "A new dilignan from Cynara cardunculus." Fitoterapia **74**(1): 18-22.

## L

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

**LUQUET, FM. (1985) :** Laits et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle a la laiterie. Société Scientifique d'hygiène Alimentaire. Edition : Technologie et documentation-Lavoisier. Paris, 139p.

**LUQUET F.M, (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris**.** 637 P

**LUGASI A., HOVARI J., SAGI K.V., BIRO L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis*, 47(1-4), 119-125

## M

**MAHAUT M., JEANTET R., et BRULE G. (2000**). Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation, Lavoisier, 2ème tirage, 194 p.

**MAHAUT M., JEANTET R., et BRULE G., (2003).** Initiation à la technologie fromagère. Tec & Doc Lavoisier. 194p

**MARTIN M. (2000).** Technologies des laits de consommation. Ed: Enilait. Candia Direction Développement Technique. p. 135.

**Mc SWEENEY P.L. H, (2004).** Biochemistry of cheese ripening. Vol 57, No 2/3, Int.
J. of Dairy Technol, 127-144p.

**MENNANE Z., KHEDID K., ZINEDINE A., LAGZOULI M., OUHSSINE M., ELYACHIOUI M, (2007).** Microbial characteristics of Klila and Jben traditional Moroccan cheese from raw cow's milk. World J Dairy Food Sci, 2, 23–27.

**MARCHIN, S.; PUTAUX, J. L.; PIGNON, F.; LÉONIL, J., 2007**. Effects of the Environmental Factors on the Casein Micelle Structure Studied by Cryo Transmission Electron Microscopy and Small- angle X-Ray Scattering/Ultrasmall-Angle X-Ray Scattering . J. Chen . Phys ;126:045101-045110

## N

**NOUANI A., DAKO E., MORSLI A., BELHAMICHE N., BELBRAOUET S., NOOR-DEVELIET P.E., GIST-BROCADES N.N. Et DELFT N.C.D, (1983)**. Les Enzymes Alimentaires : Utilisation et Innocuité. Microbiol. Alim. Nut., 1 : 15

## O

**OUANEZAR M., GUYOMARC'H F., BOUCHOUX A., 2012.** AFM Imaging of Milk Casein Micelles: Evidence for Structural Rearrangement upon Acidification. Langmuir ; 28:4915-4919

**OZENDA P, (1983).** Flore de sahara. Ed. C.N.R.S. paris, 250, 356-416p.

## P

**PONCE DE LEON-GONZALEZ L., WENDORFF W. L., INGHAM B. H.,.**

**QUEZEL P., SANTA S, (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales, tome II. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 1170p

**POUGHEON S, (2001).** Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 3,102 p.

**PRADAL. M, (2012).** La transformation fromagère caprine fermière: Bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Lavoisier, 295p.

## R

**RAMET J.P, (1985).** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéens. Ed. Etude FAO. Production et santé animale, 187 P.

**RAMET J.P,** (**1986).** The ability of camel milk for cheesemaking. Comm. Camel Seminar, Koweit, p1-26.

**RAMET J.P, (1997).** L'égouttage du coagulum. Dans Le fromage (Coord. ECK A. et GILLIS J.C.). 3ème édition, Ed. Tec et Doc. Lavoisier. p. 43.

**RAMET, J.P, (1997),** Les agents de transformation du lait; la présure et les enzymes coagulantes In: Le fromage. Ed., A. Eck, 3ème ed., Technique et documentation Lavoisier, p.101-107, 539p.

**ROSEIRO L.B., BARBOSA M., M AMES J., WILBEY R.A, (2003).** Cheesemaking with vegetable coagulants the use of Cynara L. for the production of ovine milk cheeses. International Journal of Dairy Technology, 56, 76-85p.

## S

**SMIT G. (2003).** The major constitunts of milk. Dairy product safety and qualité. Dairy processing ed: woodhead publishing limited. cambridge england. Pp 546-546

**ST-GELAIS .D., TIRARD-COLLER. P., BELANGER .G., COUTURE R et DRAPEAU.R, (2002).** Fromage. In : Science et technologie du lait : transformation du lait (Vignola C.L.).Presses. Int. Polytechnique. 349-407p.

## T

**TALANTIKITE-KELLIL, S, (2015).**Purification et caractérisation d'une enzyme coagulante d'origine microbienne pour application en fromagerie (Doctoral dissertation).p27.

**THAPON JL. (2005)**. Technologie de la fabrication du lait Agro campus – Rennes, France. Pp.51.

**TSOULI J, (1974).** Etude comparée de l'activité enzymatique de 3 variétés d'artichauts du genre Cinara Cardunculus L. sur la coagulation du lait. Le lait, 537, 415-421p.

## V

**VIGNOLA C.F, 2002**. Science et technologie du lait. Montréal, Ecole polytechnique de Montréal, 600p. 608 p.

**VIERLING E. (1998).** Alimentation et Boisson : Techniques et Aspects Réglementaires, Ed: 1 Doin. 203 p.

**VIERLING 1999**., Aliment et boissons : filières et produits. Paris, Ed. doin, 271p. (Collection : science des aliments)

## W

.

**WEBER F, (1987).** L'égouttage du coagulum. Dans le fromage (coord. ECK A), 2eme édition. p122.

.**WIGLEY, R. C, (1996).** Cheese and whey in industrial enzymology. Godfrey and Wiest, 2, 135-142p.

## Site

www.irepsbretagne.fr avec www.finistere.fr.

# Liste des abréviations

**°D :** Degré Dornic.

**%** : pourcentage.

**T° :** température

**D :** densité.

**EST :** Extrait Sec Totale.

**FAO :** Food and Agriculture Organisation.

**J.O.R.A :** Journal Officielle de la République Algérienne.

**H :** humidité.

**Kg :** kilogramme

**mg :** milligramme

**ml :** millilitre

**MG :** Matière Grasse.

**MS :** Matière Sèche.

**NaOH** : Hydroxyde de Sodium

**Tr :** tour

# Liste des figures


| Numéro de la figure | Titre de la figure | Numéro de la page |
|---|---|---|
| I | Micelle et submicelles de caséine | 8 |
| II | Structure d'une micelle de caséine stable | 8 |
| III | Cynara cardunculus | 24 |
| IV | Préparation de la solution de présure de fleur de cardon | 29 |
| V | Extraction de la partie intérieure d'artichaut | 30 |
| VI | centrifugeuse 12000 tr/min | 30 |
| VII | centrifugeuse 6000 tr/min | 31 |
| VIII | les résultats de séparation de jus d'artichaut | 31 |
| IX | étuve de laboratoire d'université de Médea | 32 |
| X | Coagulation de lait cru par fleurs séchées de cardon | 32 |
| XI | Coagulation de lait cru par vinaigre | 33 |
| XII | Coagulation de lait cru par citron | 33 |
| XIII | Coagulation de lait cru par artichaut | 33 |
| XIV | Lait cru + levure | 34 |
| XV | Egouttage du lait coagulation à l'aide d'un tissu mousseline | 35 |
| XVI | Test de l'acidité Dornic | 37 |

# Liste des tableaux


| Numéro du tableau | Titre des tableaux | Numéro de page |
|---|---|---|
| 1 | Composition moyenne du lait de vache | 5 |
| 2 | Caractéristiques physicochimique de caséine | 7 |
| 3 | Comparaison de la composition chimique du lait des différents animaux | 10 |
| 4 | Composition minérale moyenne du lait | 11 |
| 5 | Classification des fromages | 14 |
| 6 | Plantes locales d'Algérie utilisées pour la coagulation du lait | 21 |
| 7 | Composition chimique du chardon en % de matière sèche (MS) | 26 |
| 8 | Teneur en phénols totaux (mg/100g) et flavonoïdes (mg/Kg) | 26 |
| 9 | Résultats des analyses physicochimiques des trois échantillons de lait cru | 40 |
| 10 | Résultats de MG et EST de lait cru | 41 |
| 11 | pH et acidité de chaque type de présure qui utilisé dans la fabrication de fromage | 42 |
| 12 | (ES, H, MG) de chaque type de présure qui utilisé dans la fabrication de fromage | 42 |
| 13 | Evaluation sensorielle sur la couleur | 43 |
| 14 | Evaluation sensorielle sur l'aspect | 43 |
| 15 | Evaluation sensorielle sur la texture | 43 |
| 16 | Evaluation sensorielle sur le gout | 44 |
| 17 | Evaluation sensorielle sur l'odeur | 44 |