

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**  
**Université Saad DAHLEB Blida 1**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département Agro-alimentaire**

Mémoire de Fin d'étude en Vue de l'obtention du Diplôme de Master en

**Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Thème**

# **Effet du lactosérum comme substituts de protéines sur les propriétés fonctionnelles et sensorielles des dérivés du lait de caprin**

**Présenté par :**

**Mr. BOUDJELLA Abdellah Amine**

**Mr. KOUACHE Aymen Abdeldjalil**

**M<sup>elle</sup>. BEKHOUCHE Rania**

Devant le Jury composé de :

Mr. AMALOU D.	MAA	U.Blida1	Président	
Dr. BOUZAR A.C.	MAB	U.Blida 1	Examineur	<b>Ann</b>
Dr. MEZIANE Z.	MCB	U.Blida 1	Promotrice	<b>ée</b>

**universitaire 2021/2022**

## **REMERCIEMENTS**

Avant tout, nous remercions "**Allah**" tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

On adresse nos plus vifs remerciements à notre promotrice **au Dr MEZIANE.Z** pour nous avoir proposé ce sujet, pour ses conseils scientifiques judicieux et son suivi durant la période de la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres jury le président **Mr AMALOU.D** et l'examineur **Dr BOUZAR A.C** d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail et de faire part de leurs remarques, reconnues, judicieuses, qui ne feront que rehausser la qualité de ce travail.

Nous tenons également à remercier tous les membres de Laboratoire  
de **GIP Lait ARIB**

Nos très spéciaux remerciements reviennent à nos familles

- **KOUACHE, BOUDJELLA et BEKHOUCHE-**

Et à tous nos amies pour leurs encouragements.

Nous tenons également à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

## DÉDICACE

En ce jour solennel qui mémorise la fin de mon parcours, je dédie ce mémoire symbole d'une ardente attente :

Aux êtres les plus chers à mon cœur, **mes parents** pour leurs amour abondant, leurs prières leurs encouragements leurs sacrifices pour enfin devenir ce que je suis maintenant.

Que Dieu leur donne santé et longue vie

A mon très cher frère qui nous a quittés cette année

Tu seras à jamais dans mon cœur pour la vie et sache que je t'aime avec l'âme et non avec le cœur

A toute ma famille (**Papa, Mama, mes frères et ma femme**)

A tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin pendant toutes mes études  
J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

**KOUACHE Aymen Abdeldjalil**

## DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui ont veillé sur moi depuis toujours, ceux qui m'ont fait confiance qui m'ont soutenu sans faille dans tous mes projets et qui ont accepté mes choix sans pour autant toujours les comprendre...

A ceux qui ont attendu ce moment avec impatience

A toi **ma Maman**

A mon très **cher père** qui nous a quittés, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme.

A mon petit frères : **Wassim**

A ceux qui m'ont donné toujours le soutien et le courage de poursuivre le chemin lors des moments de faiblesse

A tous mes amis et tous ceux qui me sont chers...

**BOUDJELLA Abdellah amine**

## DÉDICACE

Grâce à Dieu le tout puissant je termine ce travail que je désire dédier  
Aux deux êtres les plus chers à mon cœur sur cette terre : **ma chère mère** pour son amour abondant  
et ses prières ; que puisse Dieu la garder en bonne santé  
Et à **mon chère père**, dont le courage, l'éducation ont fait de moi ce que je suis,

Mes chères frères : **Oussama Abdesselam et Achref**

A **Khelfallah abderrahmane** merci beaucoup d'avoir été là pour moi chaque fois que j'avais besoin  
de toi

Mes chères amies : **Safa Amina Kaouther chaima et Abir .**

A ma promotrice : **Mme MEZIANE ZOUBIDA**

A **tonton salah** je vous remercie de l'aide et du support que vous m'avez donné

A tous ceux et celles qui m'ont apporté le soutien moral ou matériel.

A toute la famille **BEKHOUCHE ET HAMAI**.

**BEKHOUCHE Rania**

**Résumé :**

Le lactosérum est considéré comme un sous-produit laitier riche en éléments nutritifs, son rejet comme effluent constitue une énorme perte économique. Notre étude vise d'améliorer la qualité fonctionnelle d'un fromage de lait de chèvre en lui incorporant de la poudre du lactosérum à différentes concentrations (10%, 20%, 25%). La valorisation du lactosérum permet de réduire la pollution environnementale et de récupérer tous ses éléments à haute valeur nutritive. En Algérie, le lait de chèvre demeure un produit relativement moins consommé et moins transformé localement. La première étape consiste à une investigation expérimentale qui a permis de réaliser des analyses physico-chimiques sur la matière première (lait de chèvre) et sur le produit fini, fromage de lait de chèvre. La deuxième de l'étude a permis de réaliser des analyses microbiologiques et un test de dégustation sensorielle de cinq descripteurs (aspect, texture, couleur, odeur et goût). Les résultats physico-chimiques que nous avons obtenus respectivement pour les fromages au lait de chèvre révèlent que le pH et le taux de protéines augmentent avec chaque concentration croissante de poudre de lactosérum (32% à 35%) et la teneur en matière grasse a connu une diminution (47% à 37%). Pour le test de dégustation, le jury révèle que notre fromage a une qualité acceptable et cela est en relation étroite avec la composition du lait cru utilisé. Cette analyse montre que le fromage fabriqué est comparable au fromage industriel tel que pour l'aspect et la texture, odeur et arôme et goût.

**Mots clés :** lactosérum, lait de chèvre, rendement fromager, protéines de lactosérum

## ABSTRACT

In Algeria, goat's milk, despite its importance, remains a relatively less consumed product and less processed locally. It is a good source of essential nutrients, its composition is very similar to that of cow's milk, and the production of fresh cheese from mixed milk also remains free from studies and line research. After the epidemiological situation of Covid 19, which has passed, there are still companies that rely on Covid procedures, and so they didn't allow us to do microbiological analyses, so we only did physico-chemical analyses. The purpose of this study is to try to incorporate whey into the making of goat cheese and to see the effect of whey as a protein substitute on cheese yield and its functional, sensory and physical properties and chemical. There are two ways to make goat cheese. The most common one used lactic bacteria to coagulate milk. It is a slow natural process that gives a crumbly and permeable curd. The other technique is to add rennet and you get a firm, waterproof curd quite quickly, and that is the protocol we used. Therefore, we prepared four samples, each with different whey concentrations (0%, 10%, 20%, and 25%). The physico-chemical results we obtained respectively for goat's milk cheeses reveal that the pH increases with each increasing concentration of whey and we also find that the protein content is better (32% to 35%) and the fat content is lower between (47% -37%). Regarding the results of the sensory analysis, they show that our cheese has an acceptable quality and this is closely related to the composition of the raw milk used. This analysis shows that the cheese produced is comparable.

**Keywords:** whey, goat's milk, cheese yield, whey protein

## ملخص

في الجزائر، يظل حليب الماعز، على الرغم من أهميته، منتجًا أقل استهلاكًا نسبيًا وأقل معالجة محليًا. إنه مصدر جيد للعناصر الغذائية الأساسية، وتكوينه مشابه جدًا لتكوين حليب البقر، كما أن إنتاج الجبن الطازج من الحليب المختلط يظل خاليًا من الدراسات والأبحاث الخطية.

بعد الوضع الوبائي ل كوفيد 19 الذي مر لا تزال هنالك بعض الشركات التي مازالت تعتمد على بروتوكول الكوفيد.

الغرض من هذه الدراسة هو محاولة دمج مصل اللبن في صنع جبن الماعز ومعرفة تأثير مصل اللبن كبديل للبروتين على محصول الجبن وخصائصه الوظيفية والحسية والفيزيائية والكيميائية. هناك طريقتان لصنع جبن الماعز. الأكثر شيوعًا هو استخدام البكتيريا اللاكتيكية لتخثر الحليب. إنها عملية طبيعية بطيئة تعطي خثارة متفتتة ونفاذة. التقنية الأخرى هي إضافة لذلك قمنابإعداد أربع عينات لكل منها تراكيز مختلفة من مصل الحليب وتحصل على خثارة قوية وهذا هو البروتوكول الذي استخدمناه.

لذلك، قمنابإعداد أربع عينات، لكل منها تراكيز مختلفة من مصل اللبن (0٪، 10٪، 20٪، 25٪)

تكشف النتائج الفيزيائية الكيميائية التي حصلنا عليها على التوالي لأجبان حليب الماعز أن درجة الحموضة تزداد مع كل تركيز متزايد من مصل اللبن ونجد أيضًا أن محتوى البروتين أفضل (32٪ إلى 35٪) ومحتوى الدهون أقل بين (47٪ - 37٪)

فيما يتعلق بنتائج التحليل الحسي، فإنها تظهر أن الجبن لدينا له جودة مقبولة وهذا يرتبط ارتباطًا وثيقًا بتكوين الحليب الخام المستخدم. يظهر هذا التحليل أن الجبن المنتج قابل للمقارنة

**الكلمات الرئيسية:** مصل اللبن، حليب الماعز، محصول الجبن، بروتين مصل اللبن



## SOMMAIRE

Remerciements

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

### Partie bibliographique

#### Chapitre I : Le lactosérum

I.1 Importance d'industrie laitière en Algérie.....4

I.2 Dérivés de l'industrie laitière.....5

I.3 Sources industrielles du lactosérum.....10

    I.3.1 Fromagerie.....10

    I.3.2 Beurrerie.....10

I.4 Le lactosérum.....12

    I.4.1 Définition.....

    I.4.2 Différents types de lactosérum.....

    I.4.3 Lactosérum doux.....

    I.4.4 Lactosérum acide.....

I.5 Composition biochimique du lactosérum.....14

    I.5.1 Le lactose.....15

    I.5.2 Les protéines.....16

    I.5.3 Les lipides.....19

    I.5.4 Les vitamines.....19

    I.5.5 Les minéraux.....21

#### Chapitre II : Valorisation du lactosérum

II.1 Lactosérum et pollution de l'environnement.....40

II.2 Intérêt du lactosérum dans l'industrie agroalimentaire.....45

II.3 Valorisation du lactosérum.....51

    II.3.1 Dans l'alimentation animale.....51

II.3.2 Dans l'alimentation humaine.....	52
II.3.3 Dans la biotechnologie.....	52
II.3.4 Dans le domaine médical.....	53
II.4. Les procédés de transformation du lactosérum.....	64
II.4.1 Fermentation.....	64
II.4.2 Séchage.....	65
II.4.3 Ultrafiltration.....	65
II.5 Poudres de lactosérum.....	74
II.5.1 Procédés de valorisation de poudre de lactosérum.....	
II.5.2 Qualité nutritionnelle.....	
II.5.3 Qualité microbiologique.....	

### **CHAPITRE III : Le lait de chèvre et ses dérivés**

III.1 Le lait de chèvre en Algérie.....	76
III.2 Qualité du lait de chèvre.....	80
III.2.1 Qualité organoleptique	
III.2.2 Qualité microbiologique	
III.3 Intérêt nutritionnel du lait de chèvre.....	88
III.4 Place du lait de chèvre et ses dérivés dans l'alimentation des algériens.....	89
III.4.1 Propriétés organoleptiques.....	93
III.4.2 Processus de fabrication de fromage de chèvre.....	95
III.4.3 Notion de terroir du fromage de chèvre.....	
III.4.3.1 Définition.....	
III.4.3.2 Le terroir pour le lait et le fromage.....	

### **Partie expérimentale**

#### **CHAPITRE II : Partie expérimentale**

II .1. Résultats d'analyse physico-chimiques de matière première	
II .2. Caractérisation physico-chimique de matières première (poudre de lactosérum)	
II .3. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des fromages élaborés	
II.3.1. Caractérisation physico-chimique	
II .4. Caractérisation microbiologique	
II .5. Résultats de l'étude sensorielle	
II .6 conclusion	

A decorative orange border that resembles a scroll, with rounded corners and a slight shadow effect. The word "Introduction" is centered within this border.

# **Introduction**

# Introduction

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. Ces dernières années, à l'instar des autres industries agroalimentaires, l'industrie laitière avec ses dérivés a connu un développement remarquable, elle est l'une des industries les plus productrices d'effluents liquides et qui ont eu des conséquences néfastes sur l'environnement et par conséquent sur la santé humaine.

Le lactosérum est le produit secondaire issu de la coagulation des caséines dans l'industrie laitière. Il présente 85% à 95% du volume total du lait et il contient environ 55% de ses nutriments tels que le lactose (4.5-5%), les protéines (0.6-0,8%), les lipides (0.4-0.5%) et d'autres composants mineurs tels que les sels minéraux, les vitamines. Son élimination constitue un problème majeur pour l'industrie laitière en Algérie.

Plusieurs options différentes d'utilisation de lactosérum peuvent être envisagées. L'une d'elle basée sur l'application des technologies de valorisation dont le but est de récupérer les composés à haute valeur nutritive et fonctionnelle tels que les protéines et le lactose (environ 10g et 50g respectivement dans chaque litre de lactosérum).

D'autre part et en dépit de ses importantes sources alimentaires en protéines, lipides, phosphates et de calcium, le lait de chèvre présente un inconvénient majeur lié à son goût jugé trop fort par certains consommateurs et fait que sa valorisation industrielle à grande échelle reste souvent très restreinte (**Boumendjel et al., 2017**). Il est connu depuis fort longtemps en Algérie et est principalement consommé par les éleveurs et que sa valorisation industrielle reste souvent très restreinte, voire inexistante.

Le lactosérum a été depuis longtemps considéré comme un sous-produit encombrant, sans intérêt, dont il fallait se débarrasser aux- moindres frais, en particulier en le-rejetant dans les eaux résiduaires des usines laitières. Or, depuis quelques années, les recherches effectuées par la plupart des pays laitiers ont mis en évidence sa valeur nutritionnelle, ainsi que les possibilités de son utilisation dans l'alimentation humaine et animale. Où ses constituantes apportant généralement des améliorations très intéressantes.

Cependant, le lait de chèvre et ses importances nutritionnelles aussi a conduit au développement des produits de terroir comme les fromages. En revanche, au cours de ces dernières années, plusieurs

travaux apportent des nouvelles connaissances sur la valorisation du lactosérum et ont été réalisés au niveau des universités algériennes, ce qui a mené paradoxalement à la valorisation des poudres de lactosérum utilisés comme ingrédients des propriétés techno-fonctionnelles (industrie laitière, confiserie, charcuterie...), mais aussi nutritionnelles (élaboration d'aliments diététiques, pharmaceutiques ou infantiles). Les poudres de lactosérum ont connu leur incorporation en poudre pour une production très diverse : biscuits, yaourts, confiseries, crèmes.

En Algérie, les fromages de chèvre sont nombreux, non entièrement recensés et aussi peu étudiés. Ils apparaissent de plus en plus aujourd'hui comme une alternative fromage de lait de vache, ceci pour répondre aux besoins des marchés de plus en plus dynamiques et spécifiques, en termes de fonctionnalités attendues des fromages (**Aissaoui, et al., 2011**)

A la lumière de ce qui précède, et dans ce contexte, notre étude, s'est intéressé à la valorisation de lactosérum en poudre par une substitution de protéines qui constitue une formulation d'un fromage de lait de chèvre destiné à la consommation. Notre objectif de notre travail est de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation des protéines lactosérum, sous forme de poudre, comme substitut de lait dans la fabrication d'un fromage de chèvre afin d'inciter les entreprises fromagères Algérienne à valoriser leur lactosérum et de l'incorporer dans de préparations fromagères.

Notre étude comporte deux parties :

- La première partie bibliographique constituée de trois chapitres traitant de l'industrie laitière en Algérie, le lactosérum et sa valorisation enfin le lait et fromage de chèvre.
- La deuxième partie est consacrée, dans un premier chapitre à la méthodologie adoptée pour réaliser la partie expérimentale. Dans le deuxième chapitre, les résultats et la discussion sont présentés et on terminera par une conclusion qui complétera notre manuscrit et des perspectives.



# **Partie I**

## **Synthèse bibliographique**



# **Chapitre I**

## **Généralités sur le lactosérum**

## 1.1. Importance d'industrie laitière en Algérie

Le développement du secteur agricole et agroalimentaire est enjeu majeur pour l'Algérie aux niveaux économique, politique et social. Le moteur de ce développement sont les filières céréalières et laitières. La filière lait se caractérise par une faible offre locale comparée aux besoins exprimés par la population. L'Algérie est le premier consommateur de lait du Grand Maghreb ou l'essentiel de la demande est satisfaite par des importations des matières premières (poudre de lait) pour le secteur de la transformation (**Amellal, 1995**).

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien. Sa consommation sous l'effet de la pression démographique et du soutien des prix par l'Etat, a considérablement augmenté, mais sans qu'il y ait eu un accroissement proportionnel de la production à tous les niveaux.

Le développement de l'économie laitière en Algérie ne peut se réaliser sans une industrie laitière constituant le noyau central du secteur. L'industrie laitière est le maillon le plus puissant de la chaîne laitière, à partir duquel la filière lait pourra s'évoluer. Elle est parmi les industries les plus importantes en Agroalimentaire. Elle se caractérise par une matière première très périssable que la technologie alimentaire transforme en aliments dérivés (fromage, yaourt,...etc.), consommés en quantités importantes aussi bien pour l'enfant que pour l'adulte.

L'industrie se spécialise dans la production de multitudes de produits dérivés (yaourt, fromage, ...). Elle est constituée par 15 entreprises du groupe public Giplait et plus de 162 entreprises privées dont la capacité de transformation est très variable. Des différents types de lait sont produits comme : le lait cru, les laits modifiés (lait pasteurisé, lait stérilisé, le lait obtenu par UHT, le lait concentré,...). Elle laisse apparaître deux points importants : le premier est le recours à l'importation de la poudre de lait pour la fabrication de l'essentiel de la gamme de production et le deuxième est la faible diversification des produits et dérivés de l'industrie laitière. En 2018, l'importation de lait et de produits laitiers a représenté est de 400 000 tonnes.

La politique laitière suivie depuis de longues années a toujours privilégié l'aide à la consommation en mettant à la disposition du consommateur un lait bon marché, fabriqué à partir de poudre de lait anhydre importée (**Amellal, 1995 ; Bourbia, 1998 ; Bencharif 2001**). Le lait commercialisé en Algérie provient d'un mélange d'une partie du lait collecté au niveau des exploitations et de la poudre de lait importé avec 1245.91 millions USD en 2019 (**CNIS, 2020**). Cependant, les différentes politiques laitières conduites en



Algérie depuis l'indépendance, pour faire face à cette forte demande interne, n'ont donné que des résultats mitigés (**Makhlouf, 2015**).

Sur les 147 litres de lait consommés en moyenne par chaque personne en Algérie, 31 litres (21 %) sont distribués à travers le circuit informel, 18 litres (12 %) sont collectés par les industriels, et donc 49 litres (33 %) proviennent de la production nationale (**Makhlouf et Montaigne, 2016**).

L'industrie laitière se distingue par un marché en croissance constante. Au fil des années, et en matière de lait, plusieurs programmes ont été instaurés par les autorités dont l'objectif est de promouvoir la production nationale et réduire la facture alimentaire. Malgré les efforts et l'objectif fixé par l'Etat pour réduire les importations de lait en poudre, le marché national et les industries laitières restent toujours dépendantes du marché mondial.

## **1.2. Dérivés de l'industrie laitière**

Plus que tout autre aliment, le lait est une nourriture spécifiquement adaptée à chaque espèce. C'est un aliment liquide complet, très nourrissant, réunissant à lui seul tous les composants nécessaires à l'alimentation humaine. L'Algérien consomme 35 kg/habitant/an en 1968 (**Bedrani et Bouaita, 1998**) contre 157 Kg/habitant/an en 2016 (**MADR, 2018**).

La dénomination « lait » peut être utilisée pour un lait ayant subi un traitement n'entraînant aucune modification de sa composition ou pour le lait dont on a standardisé la teneur en matière grasse ou enfin conjointement avec un ou plusieurs termes pour désigner le type, la classe qualitative, l'origine et/ou l'utilisation envisagée du lait, le traitement physique auquel il a été soumis ou les modifications qu'il a subies dans sa composition, à condition que ces modifications soient limitées à l'addition et/ou à la soustraction de ses constituants naturels.

Les produits dérivés du lait, sont des produits auxquels des substances nécessaires pour leur fabrication peuvent être ajoutée. Le yaourt (ou yoghourt) est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini jusqu'à la DLC. Il existe quatre principaux types de traitements de production, le premier relatif à la préparation du lait destiné à la consommation directe, le second à la réduction des matières grasses, le troisième à la préparation de dérivés laitiers fermentés et le quatrième à la production de fromage. Les laits traités thermiquement qui ne satisfont pas aux exigences relatives à la

teneur en matière grasse précitées pour les laits entier, demi-écrémé et écrémé sont considérés comme étant des laits de consommation.

Les laits de consommation se caractérisent notamment par le traitement thermique qui leur est appliqué pour leur conservation, et le taux de matière grasse. Cependant, les laits aromatisés sont réservés aux boissons stérilisées, constituées exclusivement de lait écrémé ou non, sucré ou non, additionné de substances aromatiques naturelles.

Par ailleurs, La dénomination « lait fermenté » est réservée au produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non ou des laits concentrés ou en poudre écrémés ou non, enrichis ou non de constituants du lait, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencés avec des bactéries appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit. Le yaourt est l'u obtenu, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini jusqu'à la DLC, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée

Un autre produit est dérivé du lait est le fromage qui est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir de la coagulation du lait par un ensemble d'enzymes coagulantes connu sous le nom de présure. Ce processus est suivi malheureusement par une élimination d'un liquide riche en protéines généré au cours du processus même libérant ainsi le lactosérum jusqu'à 30% de la valeur du lait transformé (**Branger et al, 2009**).Le lactosérum est libérée juste après l'opération d'égouttage.

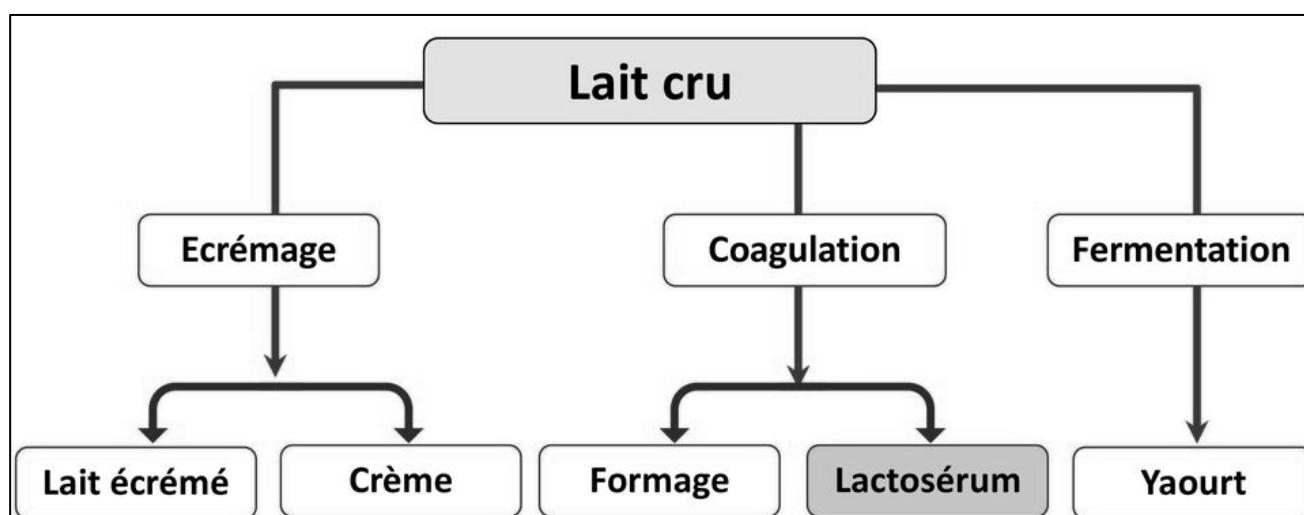


Figure 1 : Le lait et le lactosérum

### 1.3. Sources industrielles du lactosérum

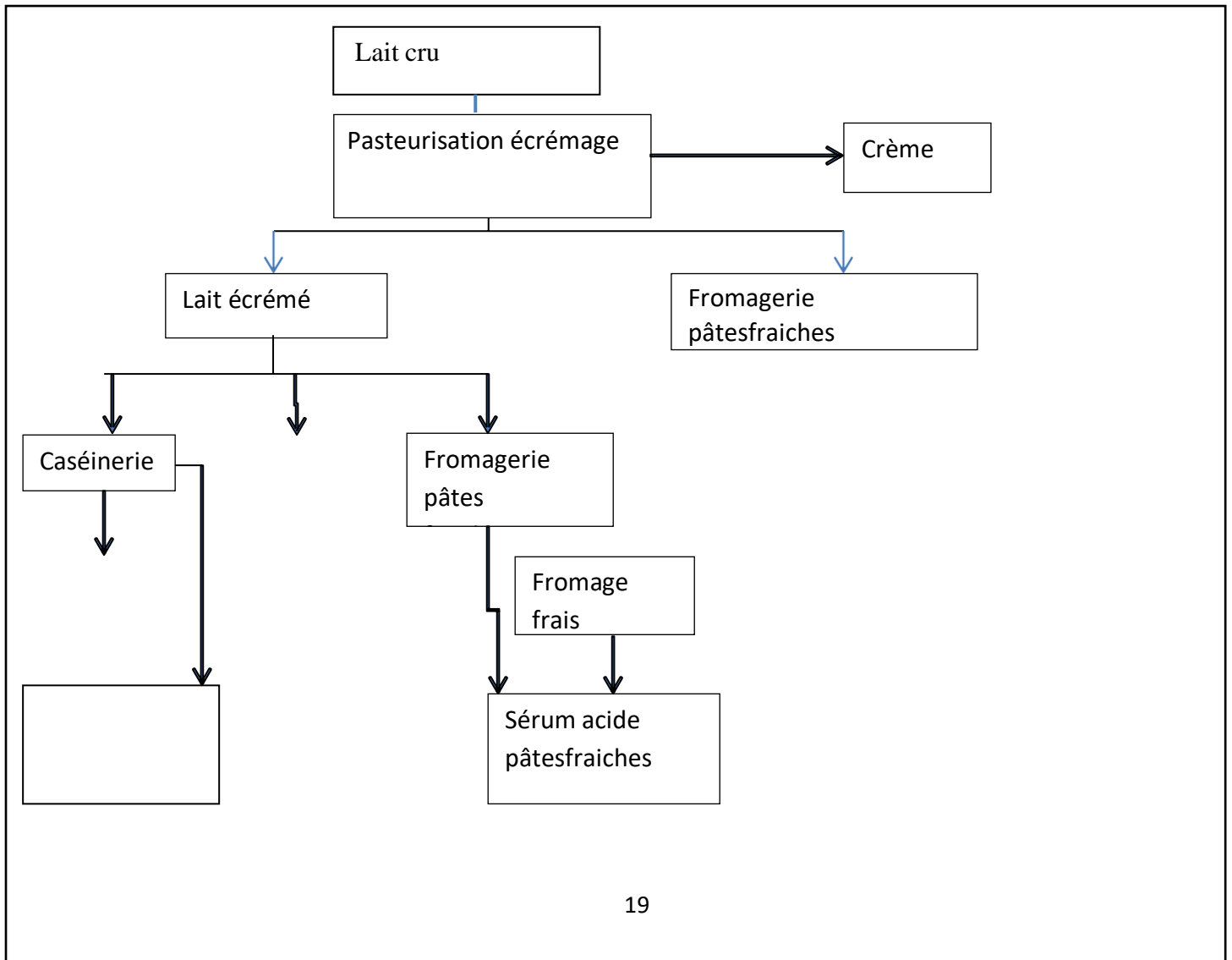
Le lactosérum est un liquide vert translucide qui se sépare du caillé après la coagulation du lait durant la fabrication du fromage et de du beurre (**Chantal et Shana, 2002**).

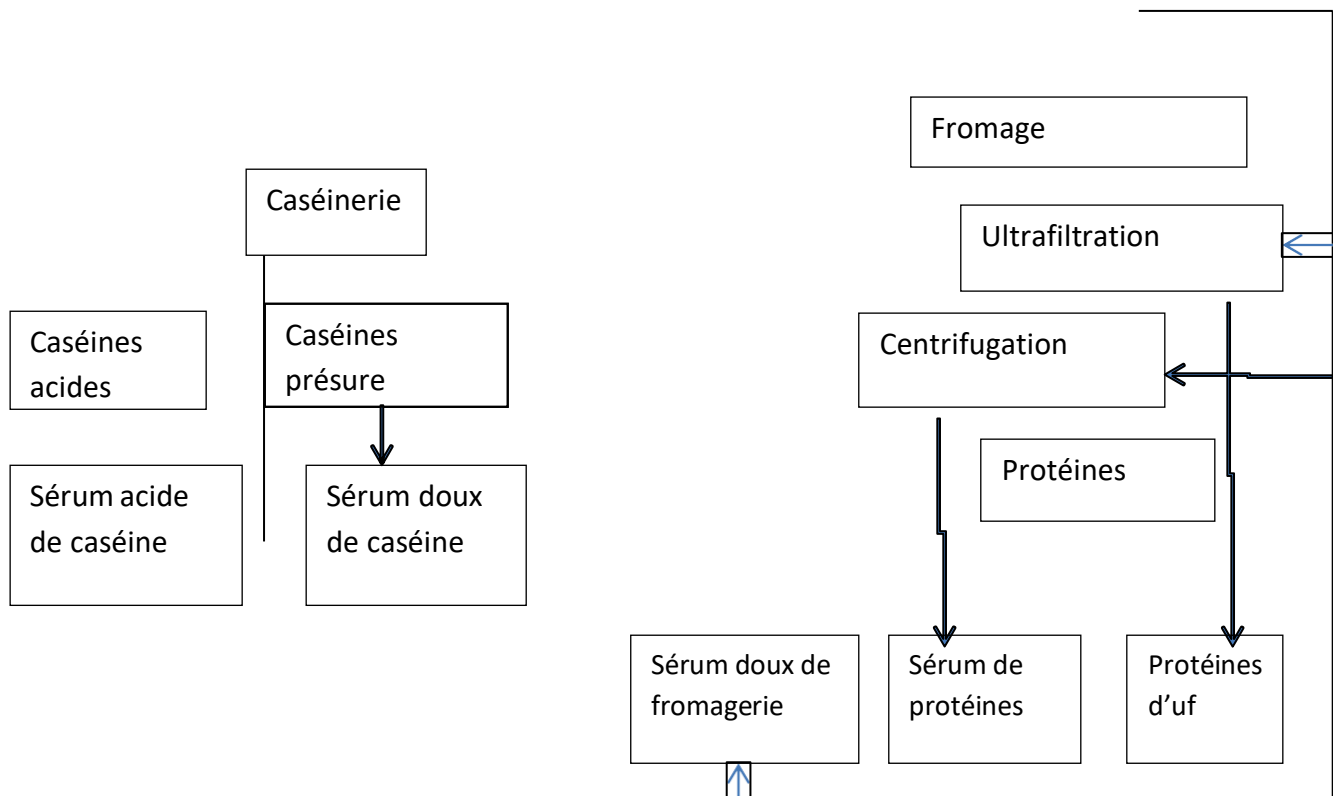
### 1.3.1. Fromagerie

Le lactosérum est produit dans une fromagerie suite à l'ensemble du processus de fabrication du fromage à partir de lait naturel, qui subit un processus de coagulation et de synérèse, produisant une phase solide "fromage" d'une part et une phase liquide "lactosérum" d'autre part (**Laplanche, 2004**).

### 1.3.2. Beurrerie

Dans ce processus, le lactosérum est produit suite à une succession de procédés qui aboutit à la production de beurre à partir de lait pur. Il est obtenu après dégraissage de ce dernier et extraction de la caséine par précipitation, on obtient du « lactosérum écrémé ». (**Laplanche, 2004**). Le lactosérum est récupéré lors du processus de fabrication du fromage. La figure 3 explique le diagramme de récupération du lactosérum. Le lactosérum est récupéré lors du processus de fabrication du fromage ou du beurre. La figure 3 explique le diagramme de récupération du lactosérum. La figure n°1 présente le schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation





**Figure 1** : Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation du lait (Luquet et François, 1990).

## 1.4. Le lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine.

### 1.4.1. Définition

Le lactosérum est un sous-produit de la fabrication du fromage et de la caséine, et contient environ 20% du lait d'origine protéique. C'est un liquide jaune-verdâtre au goût salé (Skryplonek et Jasińska, 2017)

qui constitue la partie aqueuse du lait obtenue par coagulation acide, la chaleur ou l'action de la présure.

Ce produit nommé petit lait est un liquide opaque ayant une couleur jaune-verdâtre comme le montre la figure 01, avec une teneur en solide généralement de 6 à 6.5% (Poids/Volume) mg/L (Pintado et al., 2001). Il est obtenu après la séparation du coagulum de lait entier, de crème ou de lait écrémé.

Le lactosérum sucré résulte de la fabrication de produits qui utilisent principalement des enzymes de type présure au environ pH 5-6. Le lactosérum acide est le sous-produit de la fabrication de produits

laitiers où le coagulum est formé par acidification à pH gamme d'environ 5-1 ou moins. Le lactosérum est un liquide dilué contenant du lactose, protéines, minéraux et traces de graisse et contient environ 6% total solides dont 70 % ou plus de lactose et environ 0-7 % de protéines de lactosérum. La plupart du lactosérum provient de la fabrication du fromage, mais une partie de celui-ci résulte de la production de caséine ((**Pintado et al., 2001**)).



**Figure 2 : Lactosérum (Medinbio, 2015).**

#### **1 4.2. Différents types de lactosérum**

Le lactosérum est récupéré lors du processus de fabrication du fromage ou du beurre. Selon le procédé de coagulation de ces industries on distingue deux types de lactosérum :

**Tableau 1: Différents types de lactosérum (Adrian et al., 1995).**

Degré d'acidité	Type	pH	Production
> 18° D	Lactosérum acide	4,5 – 5,5	-Fromagerie à pâte fraîche -Fromagerie à pâte molle -Caséinerie acide
< 18° D	Lactosérum doux	6,5 ± 6,7	-Fromagerie à pâte pressée - Fromagerie à pâte cuite - Caséinerie présure.

##### **1.4.2.1. Lactosérum doux**

Le lactosérum doux est obtenu par emprésurage du lait (présure ou chymosine) provenant des fromages à pattes molles (camembert) ou dures (cheddar et gruyère) ou de la caséine présure dont l'acidité titrée et inférieure à 18° D (Dornic) et le pH est de 6,5, semblable à celui de la coagulation induite par voie enzymatique. . En plus des protéines laitières solubles, ce type de lactosérum contient également une

glycoprotéine issue de l'hydrolyse enzymatique par la thrombine (GMP) de la caséine Kappa (Sottiez, 1990 ; De La Fuente et al., 2002).

Le pH du lactosérum doux issu de pâtes pressées affinées ou non cuites (Emmenthal, Saint Paulin, Edam, etc.) varie entre 5 et 6,3 (Morret, 1993). Lorsque le lactosérum doux ne prend pas toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle peut augmenter son acidité.

#### 1.4.2.2. Lactosérum acide

Le lactosérum acide est obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à leur pH isoélectrique de 4.6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (Violleau, 1999).

La caséine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le sérum une part importante d'éléments minéraux, notamment le calcium et le phosphore (Sottiez, 1990). À pH neutre, la micelle de caséine est stabilisée par la  $\kappa$  caséine (par répulsion électrostatique) et le phosphate de calcium colloïdal (CCP) (de Kruif et Holt 2003).

Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 4.5 - 5 (Adrian et al., 1991). Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riche en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux.

L'acidification du lactosérum peut être induite par l'ajout d'acide inorganique ou organique (comme le HCl et l'acide lactique) et/ou la fermentation (lactose converti en acide lactique). En raison des différents mécanismes de coagulation induits par la présure ou l'acide, l'acide.

Les deux types de lactosérum ont démontré différentes propriétés physicochimiques. Outre la différence de pH, le lactosérum acide est riche en cendres (calcium libéré par la micelle en phase sérique), et peut-être légèrement faible en lactose (une partie du lactose transformé en acide lactique) par rapport au lactosérum sucré.

**Tableau:** Composition moyenne du lactosérum doux et acide (Adapté de : Morr et Ha, 1993; Linden et Lorient, 1994)

Composants	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
Eau	93	93.5
Matière sèche	7	6.5
Lactose	4.77	4.71

Protéines	0.82	0.77
Minéraux	0.53	0.69
Matières grasses	0.07	0.03

### 1.4.3. Composition biochimique du lactosérum

Qu'il soit doux -acide, le lactosérum est principalement composé de lactose, Protéines solubles et ions minéraux. Selon différents paramètres de production utilisés dans l'industrie laitière, la caséine résiduelle, la graisse et certains ions minéraux peuvent varier. Le lactosérum doux contient plus de protéines et de lactose car ce dernier est non fermenté en acide lactique comme le lactosérum acide fermentation lactique.

#### 1.4.3.1. Le lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum, il représente 70% de la matière sèche (MS), mais aussi une source d'énergie très importante. La plupart des glucides du lait passent dans le lactosérum après la fabrication du fromage, 90 % d'entre eux sont composés de lactose en grande partie, glucose, galactose, oligosaccharides et sucres aminés en petite quantité, il peut être récupéré à partir du lactosérum ou plus probablement à partir du perméat de lactosérum par cristallisation (**Paterson, 2009**).

#### 1.4.3.2. Les protéines

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum (13,5 g/l), mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel. Il s'est avéré que la valeur nutritionnelle des protéines sériques du lait est supérieure à celle des protéines du blanc d'œuf prises comme protéines de référence (**Sottiez, 1990**).

Selon **MORR (1993)**, deux grandes familles de protéines entrent dans la composition du lait à savoir, la première famille est constituée de caséines qui représentent environ 80% des protéines totales du lait et la seconde est composée des protéines solubles constituées essentiellement.:

- La  $\beta$ - lactoglobuline ( $\beta$ - LG) : 3,2 g /kg ;
- L' $\alpha$ - lactalbumine ( $\alpha$ -LA) : 1,2 g /kg ;
- L'albumine sérique bovine (BSA) : 0,4g/kg ;
- Les immunoglobulines (Ig) : 0,75g/kg ;
- Les protéoses peptones. 0,1 à 0,2 g/k

Le tableau ? représente les propriétés fonctionnelles des protéines de lactosérum dans le système alimentaire

**Tableau** : Propriétés fonctionnelles des protéines de lactosérum dans le système alimentaire (**Wit, 2001**)

Propriétés fonctionnelles	Produits alimentaires
Solubilité	Boissons
Hydratation	Viande/Boulangerie
Viscosité	Soupes/Sauces
Gélification	Viande/poisson
Propriétés émulsifiantes	Lait maternisé
Absorption des graisses	Saucisses
Propriétés moussantes	Mousses
Rétention d'arômes	Aliments préparés
Liant minéral	Aliments nutritionnel

#### 1.4.3.3. Les lipides

Une certaine quantité de matière grasse est entraînée dans le lactosérum brut. Cependant, ce montant est faible. Le plus usuel des cas, dans les traitements industrielles, le lactosérum est écrémé ; la matière ainsi récupérée est utilisée pour fabriquer du beurre de deuxième choix (**Boudier et Luquet, 1989**).

#### 1.4.3.4. Les vitamines

Les vitamines du lactosérum sont hydrosolubles, parmi lesquelles, on note des quantités importantes de riboflavine (B2) (c'est ce qui donne la couleur jaune verdâtre au lactosérum), d'acide pantothénique (B5), d'acide nicotinique (B3), de thiamine (B1), de pyridoxine (B6) et d'acide ascorbique (C) (**Woo, 2002**).

**Tableau** : Teneur en vitamines dans le lactosérum (**Vrignaud, 1983**)

Vitamines	Concentration (mg/100g)
- Thiamine	4
- Riboflavine	43
- Acide nicotinique	0.85
- Acide pantothénique	45
- Pyridoxine	5.3
- Cobalamine	0.159
- Acide ascorbique	2.2

#### 1.4.3.5. Les minéraux



La teneur en sel des solides de lactosérum se compose de plus de 50 % de chlorure de sodium et de chlorure de potassium, le reste des divers minéraux (tels que le calcium, le magnésium et le phosphore) étant présents en solution et partiellement liés aux protéines. Le zinc est présent dans les traces. **(Macwan, Dabhi et al. 2016)**. De plus, selon certaines pratiques fromagères, des sels de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) sont ajoutés. **(Vigner 1983)**

Selon **(Meréo 1971)**, ces sels minéraux constituent les éléments indésirables du "sérum". En fait, des quantités relativement élevées semblent constituer un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Mais il est utilisé pour fabriquer du lactose pur et des protéines. Par conséquent, il est avantageux de déminéraliser partiellement le sérum en utilisant des techniques physico-chimiques telles que l'électrodialyse. **(Lyndon et Lorient 1994)**

# Chapitre II

## Valorisation du lactosérum

### 2.1. Lactosérum et pollution de l'environnement

Pendant longtemps, le lactosérum est considéré comme l'effluent de l'industrie fromagère. Sa composition est riche en matière organique, et sa répartition dans l'environnement constitue source de pollution car il a une demande biochimique en oxygène (DBO) très élevée atteignant 32 000 à 60 000 mg O<sub>2</sub>/L, (**Cheryan, 1998**).

Le lactosérum produit une contamination organique importante, qui s'évalue à 1 litre équivaut à environ 85 % de la pollution quotidienne est générée par les riverains (**Laplanche et al., 2006**). Plusieurs opérations membranaires ont été proposées pour traiter les produits laitiers, tels que les celles à une seule étape, l'ultrafiltration (UF) (**Blanchard,1991**) et la nano filtration (**Koyuncu et al., 2000**).

Le coût du traitement du lactosérum à la station d'épuration fait grimper le prix de revient du fromage au lait de vache. (**Bergel et al. 2004**).

## **2.2. Intérêt du lactosérum dans l'industrie agroalimentaire**

Les protéines de lactosérum et le lactose sont utilisés pour modifier le rapport protéines de lactosérum/caséine et le rapport protéine/lactose du lait de vache pour imiter le lait humain.

Avec l'augmentation du nombre de la classe moyenne dans le monde, le marché des préparations pour nourrissons continue sa croissance d'environ 6 % par an. (**Levenson 2017**).

En outre, la prochaine génération de préparations pour nourrissons pourrait se concentrer davantage sur l'imitation précise de la protéine spécifique au lieu de se contenter de faire correspondre le ratio globale de protéines de lactosérum/caséine. On s'attend à ce que la demande de fractions de protéines de lactosérum telles que l' $\alpha$ -LA enrichies en lactoferrine, continuera à croître.

La protéine de lactosérum a également une vision positive dans la nutrition sportive en raison de ses effets sur la force, la résistance et la réparation musculaires (**Ha et Zemel 2003 ; Hayes et Cribb 2008**). Elle s'étend maintenant au monde entier. Selon un nouveau rapport de Zion Market Research, le marché mondial de la nutrition sportive s'élevait en 2016 à 28,37 milliards de dollars US, et devrait atteindre 45,27 milliards de dollars d'ici 2022 avec un taux de croissance annuel de 8,1 %. Bien que la nutrition sportive soit une catégorie émergente sur le marché, sa valeur de marché prévue d'ici 2022 sera proche de celle du marché des préparations pour nourrissons en 2016 (50,2 milliards de dollars). Milliards de dollars).

## **2.3. Valorisation du lactosérum**

### **2.3.1. Définitions de la valorisation**

La valorisation est un terme générique recouvrant le recyclage des matières organiques et non organiques en produits ayant une plus grande valeur économique, ou par la réutilisation dans plusieurs domaines par incorporation.

La valorisation du lactosérum est importante pour éviter de payer des frais de traitement ou de disposition du lactosérum. Le lactosérum non modifié est couramment utilisé dans la production d'aliments pour le bétail et de boissons (**Spreer 1998**).

Étant donné que la majeure partie des solides est constituée de lactose ainsi que de protéines solubles, de vitamines et de minéraux, divers procédés biotechnologiques et physicochimiques ont été utilisés comme substrats pour la production de produits à valeur industrielle (Prazeres, Carvalhoet ,2012)

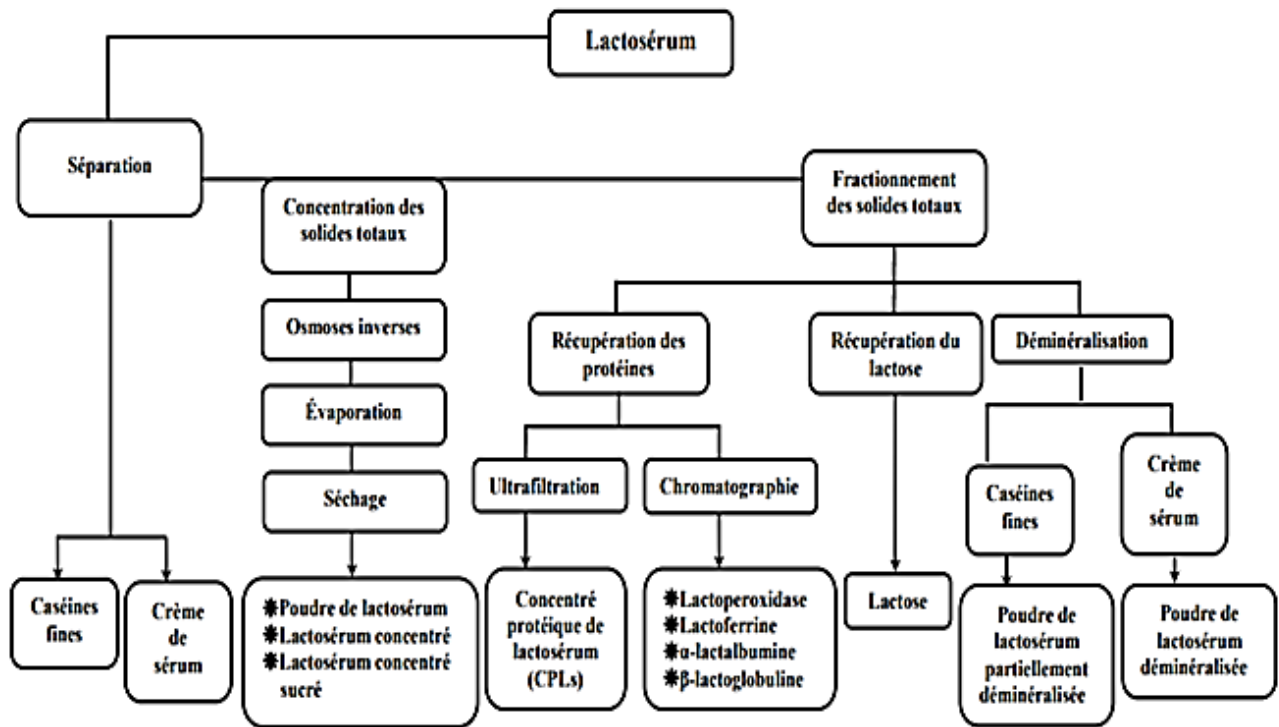


Figure ? : Les produits finis résultants des différents procédés industriels appliqués au lactosérum (Anonyme, 1995).

### 2.3.2. Dans l'alimentation animale

Jadis, le lactosérum fait partie de l'alimentation des porcs depuis de nombreuses années. Aujourd'hui, la quantité de lactosérum livrée à ses animaux est estimée à un peu plus d'un million. Cette alimentation

constitue le principal débouché du lactosérum, qui a un contenu nutritionnel élevé et un intérêt zootechnique important pour les éleveurs de porcs et de bovins (Alonso-Fauste et al., 2012). Le lactosérum est destiné à leur élevage industriel ou bien, incorporé dans la ration alimentaire des vaches laitières. Il peut également être ajouté aux aliments d'allaitement pour veaux (Agnes, 1986)

### 2.3.3. Dans l'alimentation humaine

- **Industrie de boisson** : Les boissons à base de lactosérum ont une valeur alimentaire élevée et sont faciles à digérer. Elles sont légères, désaltérantes et très agréables à boire (**Nelson et Coll., 1978**).

- **Industrie laitière**

La poudre de lactosérum acide peut être utilisée pour remplacer la poudre de lait écrémé dans des proportions spécifiques dans la production de yogourt sans affecter la qualité ou la saveur du yogourt. (**Lucay et Bourdière, 1984**).

- **Utilisation dans les glaces et crèmes glacées**

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25 % du lait écrémé dans la crème glacée avec des avantages principalement économiques, tandis que la poudre de lactosérum acide (pH 4,6) peut remplacer une partie du sucre dans la production de sorbets de haute qualité (**Apria, 1973**).

- **Dans la confiserie**

Le lactosérum a des utilisations importantes dans la fabrication de certaines confiseries et, en raison de sa forte teneur en eau, c'est le produit laitier le moins cher disponible (**Vrignaud, 1983**).

- **En boulangerie**

Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie de fait de nombreuses avantages :

- Meilleure conservation : la combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables qui constituent donc une moyenne de défense naturelle contre le rancissement

- Amélioration du goût et l'arôme du pain.

- Amélioration des caractéristiques internes et externes : affinage de la coloration ; pâte plus tendre et augmentation du rendement (**Apria, 1980**).

#### **2.3.4. Dans la biotechnologie**

La fermentation du lactosérum permet la conversion du lactose en différents composés tels que la production de biogaz, de biomasse, d'alcools, d'acides organiques, d'acides aminés, d'enzymes ou de lipides (**Lapointe-Vignola 2002**). Dans ce procédé, le lactose est la source de carbone ou nutriment principal pour les microorganismes à l'origine de la fermentation (**Spreer 1998**). Selon (**Lapointe-Vignola 2002**), la viabilité économique de ces procédés est liée à la valeur des autres substrats de fermentation disponibles.

#### 2.3.4.1. Production de biogaz et bio hydrogène

L'hydrogène (H<sub>2</sub>) est dérivé du traitement du combustible (la pyrolyse des hydrocarbures); ou de l'eau (l'hydrolyse), mais l'H<sub>2</sub> peut également être obtenu par fermentation anaérobie. Actuellement, seulement 1% de la production mondiale de H<sub>2</sub> est produite par une fermentation anaérobie à l'aide de microorganismes tels que Clostridia (**Carrillo-Reyes et al., 2014; Venetsaneas et al., 2009**). La production a été largement étudiée en tant que source d'énergie pour remplacer les combustibles fossiles en raison de son pouvoir calorifique de 142 kJ/g (**Fernandez et al., 2014**).

#### 2.3.4.2. Production d'acide lactique

Les microorganismes de l'espèce *Lactobacillus* sont les plus utilisés pour la conversion de lactose contenu dans le lactosérum en acide lactique (**Spalatel, 2012**). Actuellement, près de 90% de l'acide lactique produit dans le monde provient de la fermentation des saccharides par des bactéries lactiques. Ces bactéries peuvent utiliser du lactosérum et ensuite hydrolyser le lactose afin de produire du glucose et du galactose (**Pescuma et al., 2015**).

Le rendement et la concentration de l'acide lactique peuvent être plus élevés en utilisant une espèce différente de *Lactobacillus*. Les espèces les plus utilisées pour la production d'acide lactique sont : *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus casei* et ***Lactobacillus acidophilus*** (**Pescuma et al., 2015**). Les diverses études sur la production d'acide à partir de lactosérum ont montré des rendements compris entre 0,84 et 1,2 g d'acide lactique/g de lactose (**Fernández-Gutiérrez et al., 2017**). **Panesar et al. (2007)** ont obtenu un rendement de 0,84 g d'acide lactique par g de lactose avec *Lactobacillus casei*.

L'acide lactique a plusieurs applications dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et chimiques (**Fernández-Gutiérrez et al., 2017; Pescuma et al., 2015**). Au cours des dernières années l'intérêt de la production d'acide lactique a augmenté puisqu'il peut être utilisé pour la production d'acide polylactique. Ce dernier est un polymère utilisé pour la production de plastiques biodégradables (**Panesar et al., 2007**).

#### 2.3.5. Dans le domaine médical

L'utilisation des fractions protéiques du lactosérum est efficace contre les maladies du cœur, les ulcères, les cancers (**Berry, 2000**). Comportant les protéines du lactosérum et leurs rôles

**Tableau :** Activité biologique des protéines et des peptides du lactosérum (**Berry, 2000**)

	<b>Protéine</b>	<b>Activité probable</b>
<b>2.5</b> <b>Les</b> <b>procé</b> <b>dés</b> <b>de</b> <b>trans</b> <b>form</b> <b>ation</b> <b>du</b> <b>lactos</b> <b>érum</b>  <b>2.4.1.</b> <b>Ferm</b> <b>entati</b> <b>on</b>  La	Protéine du lactosérum brut	Anti-cancérogène Stimule le système immunitaire Prolonge la durée de vie Réduire le cholestérol
	Beta lactoglobuline	Facilite la digestion
	Beta lactorphine	Augmente le contrôle de la douleur
	Alpha lactalbumine	Anti-cancérogène
	Alpha lactorphine	Augmente le contrôle de la douleur
	Lactoferrine	Antimicrobien (antiviral/anti-B) Contrôle le transport du fer Stimule le système immunitaire Anti-inflammatoire
	Lactoferrine	Favorise la croissance cellulaire Anti-cancérogène Antimicrobien
	Immunoglobuline	Immunité passive
	Lactoperoxydase	Antibactérien
	Sérum-albumine sérorphine	Augmente le contrôle de la douleur
Glucomacropéptide	Facilite la digestion	

fermentation constitue un excellent milieu de culture, notamment pour tous les microorganismes susceptibles de métaboliser le lactose. Le lactosérum peut être soumis à de nombreuses fermentations conduisant à des acides, des alcools, des enzymes, des vitamines, des boissons alcoolisées ou non (Veisseyre, 1979). En effet, l'utilisation des micro-organismes a trouvé dans ces industries un champ d'application privilégié pour obtenir toute une gamme de produits de plus en plus élaborés (Hansen, 1980; Roukas et al., 1991).

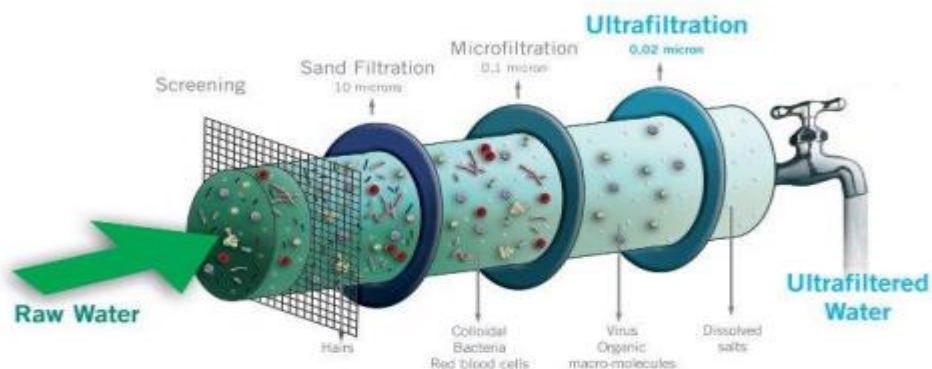
#### 2.4.2. Séchage

Il existe deux principaux types de procédés de séchage : le séchage au tambour ou le séchage par pulvérisation. Bien que la première méthode soit la moins coûteuse, cette technique peut causer des dommages indésirables dans la plupart des applications fonctionnelles des produits à base de lactosérum en raison des effets thermiques. Par conséquent, il n'est pratiquement plus utilisé, sauf

pour des applications spéciales qui nécessitent un traitement thermique intensif, comme la production de lait en poudre à haute teneur en matières grasses libres ou la forte réaction de Maillard dans l'industrie du chocolat. Le séchage par atomisation des concentrés de lactosérum est devenu la méthode la plus largement utilisée pour obtenir des poudres. Une fois sèche, la poudre est stockée et expédiée (Roukas et al., 1991).

### 2.4.3. Ultrafiltration

L'ultrafiltration permet de récupérer les protéines du lactosérum tout éliminant le lactose et les sels minéraux. Ces opérations assurent la rétention des protéines en amont de la membrane filtrante et laissent apparaître un perméat constitué d'eau, de lactose et de sels minéraux. Ces procédés peuvent permettre d'obtenir des concentrés à 80 % de protéines. De plus, ils n'altèrent pas la forme initiale de protéine (Yelles, 2002).



**Figure :** Représentation des différents types de filtration (Référence)

## 2.5. Poudres de lactosérum

Le lactosérum doux frais et le lactosérum acide peuvent être pasteurisés et séchés par pulvérisation pour obtenir le lactosérum sucré et le lactosérum acide. La poudre de lactosérum contient tous les composants le lactosérum frais a, et peut être utilisé comme succédané solide de lait. La poudre de lactosérum est un bon ingrédient de brunissement dans la boulangerie et la confiserie (Dattatreya et al. 2007).

Toutefois, l'application de poudre de lactosérum est quelque peu limitée en raison de ses faibles teneurs en protéines et en cendres. Le lactosérum déminéralisé est produit en retirant partiellement minéraux par échange ionique, diafiltration ou électrodialyse (Houldsworth, 1980). Les niveaux typiques de déminéralisation sont de 25, 50 et 90 p. 100. Le lactosérum déminéralisé peut être utilisé dans les préparations pour nourrissons, le yogourt et d'autres applications (Jost et coll. 1999; Penna, Baruffaldi et Oliveira 1997; Tratnik et Krsev 1987)

### 2.5.1. Procédés de valorisation de poudre de lactosérum



Le lactosérum récupéré doit être stocké à 4-6°C pendant de courtes périodes (24h) Cependant, pour une durée de conservation plus longue (4-6 jours), la pasteurisation Nécessité de prévenir la dégradation des protéines et du lactose lié à la croissance Bactéries (**Boudier, 1976**). La valeur du lactosérum page 15 Le traitement et la transformation du lactosérum passent par plusieurs étapes de base :

- Élimination de l'eau
- Extraction des protéines sériques
- Élimination des minéraux
- Extraction du lactose

### **2.5.1.1. Qualité nutritionnelle**

La qualité nutritionnelle des protéines de lactosérum a été établie. Ils ont été considérés comme nutritionnellement supérieurs à la plupart des autres protéines dans une nutrition animale ainsi que dans la nutrition humaine

**Delaney (1976)**, donne la composition des nutriments dans les concentrés de protéines de lactosérum(WPC). La protéine individuelle composition en ultrafiltration est d'environ 68% 13-lactoglobuline, 21 % lactalbumine et 10 % de protéines sériques. C'est à peu près le même rapport des protéines présentes dans le lait entier. Ce rapport serait influencé par d'autres facteurs tels que le type et la source de lactosérum, le rejet caractéristique de la membrane d'ultrafiltration utilisée, et le degré de concentration atteinte.

**Delaney (1976)** a également comparé l'acide aminé composition du lait écrémé et du lait écrémé et a conclu que les différences entre ces deux produits laitiers se trouvent dans le tryptophane et la cystéine contenu du **CPE**. Néanmoins, les valeurs **du CPE** sont inférieures aux valeurs des œufs (protéine de référence de la FAO) pour la valine, la tyrosine, la phénylalanine et méthionine. La teneur relativement élevée en lysine, tryptophane, méthionine et cystéine de **WPC** en font un excellent supplément pour les céréales (**Forsum, 1979**).

La qualité protéique de la CPL se reflète dans le pourcentage de disponibilité de la lysine. Dans WPC en fonction de la procédure de traitement utilisée. **Kunachowicz et al. (1976)** ont comparé l'utilisation nette de protéines, la disponibilité de la lysine et de la méthionine dans les concentrés de lait.

La teneur minérale de WPC est liée au procédé utilisé pour l'obtenir. De faibles niveaux de minéraux sont nécessaires pour les aliments pour bébés et certains produits de santé. **McDonough et al. (1974)** ont comparé la teneur en vitamines du lactosérum liquide et dans WPC. Compte tenu du facteur de concentration, il est observé que la plupart des vitamines solubles dans l'eau sont perdus dans les perméats.

**Glass & Hedrick (1977)** a fourni des informations sur les vitamines présentes dans la poudre de lactosérum doux et acide. L'évaluation de ces caractéristiques nutritionnelles a été rapportée **par Forsum (1979)** qui a également constaté que le CLT est un bon supplément pour le blé **McDonough et al. (1974)** ont constaté que l'ajout du lait en poudre non gras en tant que mélange de 40 % a augmenté le ratio d'efficacité protéique de 2.51 à 2.83. L'une des principales utilisations du CPL est comme matière nutritive pour supplémentation en protéines de céréales.

# Chapitre III

## Le lait de chèvre et ses dérivés

### 3.1. Le lait de chèvre en Algérie

Les chèvres jouent un rôle important dans les systèmes de production alimentaire des pays en voie de développement. Ce sont des animaux qui s'adaptent très facilement à des divers climats.

L'élevage de chèvre a connu un grand intérêt ces dernières années en Algérie pour substituer l'élevage bovin qui connaît un grand retard en Algérie malgré les aides et les subventions de l'état. Le lait de chèvre, produit ces dernières années, présente de nombreux avantages qui peuvent même remplacer le lait de vache.

La production du lait de chèvre est estimée à plus de 300 000 tonnes soit environs 10% de la production laitière nationale (FAO, 2021). Il constitue une part non négligeable de la production laitière totale avec une production quotidienne de 1,1 litre de lait (Mouhous, 2016).

### 3.3. Qualité du lait de chèvre

#### Physicochimiques

##### 1- Le pH :

Un lait normal de chèvre à la sortie de la mamelle est proche de la neutralité et a un pH de 6,5 qui peut varier jusqu'à 6,7. Toute valeur située en dehors de cet intervalle traduit une anomalie. Il en résulte la détection des mammites par simple mesure du pH ; tout lait mammitique étant alcalin (pH>7).

L'alcalinité est due à l'albumine et aux caséines des cellules somatiques du tissu mammaire (**Bosset et al., 2000**). En effet (**Remeuf et al, 1989**) donne un intervalle du pH du lait de chèvre allant de 6,45 à 6,90. Le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines, se démarque par une variabilité du pH suivant le type génétique en question.

## 2- L'acidité

À sa sortie de la mamelle, le lait de chèvre est à 15°D d'environ (**Corcy, 1991**). L'acidité du lait de chèvre reste assez stable durant la lactation. Elle se situe entre 14 et 18° Dornic

(**Vignola, 2002**). En technologie fromagère celle-ci réduit le temps de coagulation de lait caprin par la présure et accélère la synérèse du caillé (**Kouniba, 2007**).

## 3- La densité

La densité du lait de chèvre est comparable à celle de lait de vache, avec une densité moyenne de 1030,05 à 15°C (**Bonassiet al., 1998**). La densité de lait de chèvre est assez stable (**Veinoglou et al, 1982**) et se situe à 1,022, inférieure à celle de lait de vache (1,036).

### 3.3.1. Qualité organoleptique

Comme le lait de vache, le lait de chèvre est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous ( lactose , protéine de lactosérum...etc.), les autres sous forme colloïdale (caséines) (**Doyon, 2005**). Contrairement au lait de vache, l'absence de pigments caroténoïdes confère au lait et aux fromages de chèvre leur couleur blanche si caractéristique. Le lait caprin a un goût légèrement sucré (Duteurtre et Il est caractérisé par une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache (**Jooyandeh et Abroumend, 2010**). al, 2005).

#### A- la couleur:

Le lait de chèvre contrairement au lait de vache ne contient pas de  $\beta$ -carotène. D'où fait, il présente une couleur blanche caractéristique que l'on retrouve dans tous les produits laitiers à base de lait de chèvre comme les fromages ou bien les yaourts, le beurre. Il est à noter qu'il se produit un

changement de couleur vers 94-120 où il y a un blanchissement (attribué à la dénaturation protéique) suivi par la suite d'un brunissement dû à l'interaction protéine/sucre

### **B- l'odeur:**

Fraîchement trait, le lait de chèvre possède une odeur relativement neutre qui a parfois tendance à devenir caprique vers la fin de la lactation

### **c-la saveur:**

Le lait de chèvre ne présente pas de saveur particulière lorsqu'il est fraîchement trait mais après un stockage au frais (vers 4°C) il acquiert une saveur caractéristique.

### **3.3.2. Qualité microbiologique :**

La connaissance de la composition microbienne du lait est d'un intérêt particulier pour les agriculteurs et les transformateurs du lait (**Verdier-Metz et al., 2009**).

Le nombre de germes totaux dans le lait indique le degré de contamination du lait par des bactéries. Une étude a révélé que le nombre de germes totaux ne diffère pas de manière significative dans le lait cru de chèvre, de brebis et de vaches (**D'Amico et Donnelly, 2010**).

Le nombre de germes totaux dans le lait de chèvre et de brebis diffère selon le mois de traite de l'animal, le nombre de traites, le système de traite et la taille du troupeau (**Alexopoulos et al. , 2011; Gonzalo et al. , 2006; Gonzalo et al. , 2010 ; Zweifelet al. , 2005**).

La majorité des espèces de bactéries lactiques sont présentes dans le lait cru de chèvre et constitue un danger en tant que vecteur de brucellose (**Dumoulin et Peretz, 1993**)

Les mammites comme infections microbiennes de la mamelle sont à l'origine d'une forte augmentation des cellules somatiques de lait (**Morgan, 1999; Coulon et al., 2005**).

Le nombre de cellules somatiques n'est pas précisé pour le lait de chèvre (Jaubert., 1997). En effet, Les variations dans le nombre de cellules somatiques dans le lait de chèvres sont associées à la race, la parité, le stade de lactation, le type de naissance,

Variation œstrus, la période diurne, mensuelle et saisonnière (**Gonzalo et al., 2006; Raynal-Ljutovac et al., 2007**).

Le stade de lactation représente le facteur le plus important associé à l'élévation du Niveau de cellules somatiques dans le lait de chèvre (**Rota et al., 1993; Wilson et al., 1995; Galina et al., 1996; Zeng et al., 1997**). Le nombre de cellules somatiques dans le lait de chèvre augmente pendant la lactation, passant de 200.000 cellules/ml à plus de 1.000.000 cellules/ml mais il arrive que l'on retrouve déjà un nombre élevé de cellules somatiques au début de la lactation (**Raynal-Ljutovac et al., 2007**).

### 3.4. Intérêt nutritionnel du lait de chèvre :

La composition nutritionnelle du lait de chèvre est influencée par différents facteurs : saison, stade de lactation, race, génétique, alimentation du troupeau, facteurs environnementaux...etc.

A la traite, le lait de chèvre, contient en moyenne 87 % d'eau, 4 % de glucides, 4 % de lipides, 3 à 4 % de protéines, environ 0,5 % de minéraux (dont 120 mg de calcium) et des vitamines (A,D, B...). A la vente, les laits sont proposés en fonction de leur teneur en matière grasse (MG) : entier (3,5 %) et demi-écrémé (1,5 %). La valeur énergétique du lait dépend en grande partie de cette teneur en MG (58 Kcal pour 100 ml de lait entier, 42 Kcal pour le demi écrémé). Les laits demi-écrémés contiennent moitié moins de vitamines A et D (liposolubles) que les laits entiers. Les teneurs en calcium de tous les laits sont comparables (100 à 120 mg/100 ml). Le lait de chèvre de consommation contient environ 30 à 35 g par litre de protéines dont 80% de caséine, 19 % de protéines solubles (albumines et lactoglobulines) et 1 % d'enzymes. La valeur nutritionnelle des protéines caprines est excellente car elles contiennent tous les acides aminés indispensables à l'organisme en proportions satisfaisantes. Certains peptides contenus dans le lait de chèvre pourraient exercer des effets biologiques intéressants : sur le système immunitaire (activation), nerveux, circulatoire (effethypotenseur), digestif (absorption du calcium) ou encore cellulaire (antibactérien). Pour les glucides, 40 à 45 g/litre, sont essentiellement sous forme de lactose (hydrolysé dans l'intestin en glucose et galactose). Le lactose favoriserait l'assimilation du calcium et aurait des propriétés intéressantes au niveau de l'équilibre de la flore digestive.

Il limiterait la prolifération de bactéries pathogènes et favoriserait le développement de bactéries ayant un effet bénéfique sur l'intestin (effet prébiotique). Les dérivés du lactose qui joueraient un rôle prébiotique, les oligosaccharides, assimilés aux fibres pouvant avoir un rôle prébiotique mais aussi anti-infectieux.

La matière grasse présente à environ 35 g/L est composée à 99,5 % de lipides et à 0,5 % d'autres substances liposolubles (cholestérol, vitamines A, D...). Ces lipides ont essentiellement un rôle énergétique (9 Kcal/g). Le lait de chèvre contient une grande variété d'acides gras (AG). Ils sont classés en fonction de la longueur de leur chaîne carbonée et du nombre de doubles liaisons. La matière grasse caprine contient environ 65 à 70 % d'AG saturés et 30 à 35 % d'insaturés (essentiellement des mono-insaturés).

Les acides gras saturés ont des spécificités intéressantes, ceux à courte chaîne (butyrique, caproïque, caprylique et surtout caprique...) qui sont particulièrement bien digérés, d'autres à chaîne plus longue (palmitique et stéarique) joueraient un rôle dans le développement du système nerveux de l'enfant, enfin d'autres encore comme l'acide myristique pourraient moduler les propriétés de certaines protéines (myristoylation). Les acides gras mono-insaturés représentent essentiellement par l'acide oléique et réputé pour son effet neutre sur le système cardiovasculaire. Les polyinsaturés sont en

faible teneur mais contribuent aux apports en AG indispensables (acide linoléique et a linoléinique), participant au maintien des structures membranaires et à leur bon fonctionnement. Les phospholipides, sphingolipides et glycosphingolipides (gangliosides) joueront un rôle dans les structures membranaires mais aussi dans les régulations cellulaires (cancérogénèse) (**Boubezari, 2010**)

Le lait de chèvre apporte des quantités intéressantes de vitamines du groupe B : B1 (système nerveux et musculaire...), B2 (renouvellement et entretien des tissus...), B5 (peau, ongles, cheveux...), B6 (formation des globules rouges...) et B3 (croissance, peau...). De la Vitamine A (vision, protection de la peau et muqueuses, croissance, résistance aux infections). Il apporte également lorsqu'il est entier de la vitamine D (métabolisme du calcium et du phosphore, propriétés antirachitiques chez l'enfant...) et un peu de vit K (coagulation du sang...). A la traite, le lait de chèvre contient peu de vitamine B9 (formation des globules rouges, cellules nerveuses...) mais les laits de consommation sont généralement enrichis.

Tous les minéraux indispensables (calcium, phosphore, magnésium, sodium, potassium...) sont présents dans le lait de chèvre et l'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en calcium (1 000 à 1 200 mg/L) particulièrement bien absorbé (du fait notamment de la présence dans le lait de protéines, de peptides, de lactose...) et en phosphore (os, mise en réserve de l'énergie). Les oligo-éléments indispensables à l'organisme (fer, cuivre, manganèse, sélénium, molybdène, chrome, fluor etc.) sont présents à l'état de trace. Le zinc y apparaît en revanche en quantité importante (2 à 5 mg/L) tout comme l'iode (teneurs variables selon les régions et les saisons).

### **3.5. Place du lait de chèvre et ses dérivés dans l'alimentation des algériens :**

D'un point de vue personnel, et comme son nom l'indique, le lait est une matière très riche en Magnésium, Potassium, Sodium et B3 par rapport au lait de vache, comme il est une source de Calcium, de Phosphore et moins de Cholestérol, et qui contribue au maintien d'une ossature normale et correcte. Il permet également de protéger le corps humain des infections exogènes, du fait qu'il contient des sucres qui contribuent à l'essor des bactéries intestinales, essentiel pour le bon fonctionnement du système immunitaire, aussi riche en acide lactique, bien fait sur la peau et les cheveux en l'associant bien sûr à des huiles essentielles.

Il est fortement conseillé aux athlètes et sportifs vu sa richesse en Calcium et Protéines et justes en calories, ce qui incombe un régime minceur et le maintien d'un poids idéal.

Sans oublier de le mentionner qu'il est recommandé aux nouveau-nés, bébés, qui présentent des intolérances aux Protéines favorisant ainsi une bonne digestion, vu sa teneur moyenne en acide gras, qu'on peut ressembler le plus au lait maternel du point de vue nutritionnel et atout pour la santé.

### **3.5.1. Lait de chèvre :**

#### **1- Définition :**

Le lait est un liquide opaque, blanc mat légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles pour nourrir leur nouveau-né (**Larousse agricole, 2002**).

Selon la définition établie par le congrès international de la répression des fraudes alimentaire à Genève (1908) « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Debry, 2006**)

### **5.2. Processus de fabrication de yaourt de chèvre :**

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps trèslointains, demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution car, ilintègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans desdomaines variés tels : la biologie moléculaire et cellulaire, la chimie, labiophysique...etc.

Les étapes de fabrication de yaourt de chèvre et le yaourt à base de lait de vache c'le même et les étapes de fabrication peuvent différer selonqu'on a affaire à un yaourt « étuvé » dont la fermentation se fait aprèsconditionnement en pots et le yaourt « brassé », dont la fermentation se fait encuve. Le coagulum obtenu dans ce dernier cas est dilacéré et brassé pour êtrerendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots.

Globalement, nous distinguons dans le processus d'élaboration les étapesénumérées ci- dessous.

#### **1. Réception du lait :**

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matièrepremière de mauvaise qualité. Dans cet esprit, il est primordial de mettre en place dès laréception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle.

#### **2. Standardisation du mélange**

La matière première utilisée (lait frais, lait recombinaé, mélange des deux) doitêtre de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou autresinhibiteurs et parfaitement homogénéisée.

La teneur en matière grasse du yaourt est variable. Généralement, elle est ajustéede sorte que le produit entre dans l'une des catégories ci-après :

- yaourt entier : au minimum 3 % (en poids) de matière grasse ;
- yaourt partiellement écrémé : moins de 3 % de matière grasse ;



- yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse.

L'homogénéisation (à des pressions de 250 atmosphères) réduit le diamètre des globules gras et permet ainsi une meilleure dispersion de celle-ci dans le produit, limite sa remontée au cours de l'incubation et donnent une consistance plus uniforme au yaourt fabriqué (**Litim, 1984 cité dans cité dans Bouchir-Ladj, 2014**).

La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait. La matière grasse confère de l'onctuosité, masque l'acidité et améliore la saveur. Les protéines améliorent la texture et masquent aussi l'acidité. Selon le Code des recommandations FAO/OMS (1975), la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse doit être de 8,2 % (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse.

### **3. Traitement thermique**

La préparation du lait terminée, celui-ci est soumis alors à un traitement thermique de pasteurisation (94 à 96°C pendant 3 à 5 minutes). Ce traitement a pour but de :

- détruire les micro-organismes pathogènes pouvant être présents et la plus grande partie de la flore banale. Il permet aussi la suppression éventuelle d'inhibiteurs naturels et la stimulation des bactéries par l'apparition de facteurs de croissance ;

- provoquer un dépliement par dénaturation partielle des protéines solubles et leur fixation sur les caséines. Cet effet a pour conséquence d'augmenter les capacités de rétention d'eau du yaourt entraînant la modification des propriétés rhéologiques du coagulum acidifié. Le caillé devient plus ferme et la tendance à l'expulsion de sérum au cours du stockage est réduite. Avec ce traitement, le yaourt brassé présente une structure plus homogène et visqueuse (**Anonyme, 1995**).

Immédiatement après le traitement thermique, le lait reconstitué est refroidi à une température de 6°C puis stocké dans des tanks pour être, par la suite,ensemencé.

### **4. Ensemencement**

Elle se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement chacune des deux bactéries spécifiques du yaourt : *Streptococcus salivarius*, subsp. *Thermophilus*, et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. La culture utilisée est ensemencée

à raison de 2%. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment.

### **5. Réchauffage**

Le lait reconstitué ainsi ensemencé est amené à une température généralement voisine de 45 °C par passage à travers des réchauffeurs à plaques.

La température optimale de développement du Streptocoque est de 42- 45°C ;celle du Lactobacille de 47-50°C.

Selon les régions, les consommateurs préfèrent des yaourts plus ou moins acides et plus ou moins aromatiques. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. En abaissant celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), on favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arôme. En l'augmentant légèrement (45-46 °C), on favorise le lactobacille et donc la production d'acide.

## **6. Brassage**

En vue de fabriquer des yaourts brassés, le laitensemencé est maintenu en cuve à la même température que dans le cas des pots (entre 42 et 46 °C) jusqu'à obtention de l'acidité voulue. On procède par la suite au découpage et au brassage du caillé pour le rendre onctueux. Ce traitement, qui doit se faire avec précaution pour ne pas induire des transformations indésirables, a pour but de rendre le caillé onctueux. Il doit être réalisé avec précaution en optant par l'un des procédés suivants :

- agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice ;
- passage du gel à travers un tamis ;
- Homogénéisation à basse pression.

Une fois ce traitement opéré, le caillé est immédiatement et rapidement refroidi à une température inférieure à 10 °C. La réfrigération dans le tank se fait trop lentement et peut provoquer une suracidification. C'est pour cette raison qu'elle doit être réalisée par passage dans un échangeur-réfrigérant à plaques ou tubulaire. Le brassage du caillé au cours de la réfrigération améliore l'onctuosité du produit.

Le yaourt est ensuite conditionné en pots et conservé entre 2 à 4°C. L'addition éventuelle d'arômes, de pulpes de fruits, etc., se fait au moment du remplissage des pots.

Notons que le yaourt à boire se différencie du brassé par son état liquide qu'il assimile à une boisson. Sa fluidité est obtenue par une diminution de la teneur en matière sèche. Le brassage, effectué par passage à l'homogénéisateur sous pression inférieure à 50 atmosphères, donne une viscosité inférieure d'environ 50% à celle obtenue par brassage mécanique.

## **6. Conditionnement et stockage**

Les yaourts, conditionnés dans les pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4 °C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement. A ce stade, ils sont prêts à être consommés, La durée limite de leur consommation est de 28 jours.

Pendant le stockage. Les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite, cette évolution est appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse de pH ; surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (**LAMOUREUX, 2000**).



# Chapitre IV

## Matériel et Méthodes

### Matériel et méthodes

#### 4.1. Objectifs et lieu de stage

L'objectif de notre travail est la valorisation du lactosérum issu de la fabrication du fromage en vue d'améliorer la qualité nutritionnelle d'un fromage de lait de chèvre. Un stage pratique été réalisé au niveau de la La laiterie de GIPLAIT de Arib, (Wilaya de Ain Defla) du 1 Février au 30 Mai 2022.

L'incorporation de la poudre de lactosérum et la fabrication du fromage ont été réalisées au niveau de la laiterie de GIPLAIT d'Arib, Wilaya de Ain Defla.

A cet effet, des analyses physico-chimiques et des analyses bactériologiques de lait de chèvre et des fromages ont été réalisées au niveau de laboratoire de contrôle de l'Institut des Sciences et Techniques Appliquées de Blida (ISTA). Les analyses physico-chimiques sont effectuées sur :

Le lait de chèvre cru

La poudre de lactosérum.

le fromage.

le fromage enrichi à différentes concentration.

Par ailleurs, une évaluation de la qualité sensorielle des différents fromages réalisés est effectuée l'aide d'un test descriptif.

## 4.2. Présentation du lieu de stage

La laiterie d'Arib a été restructurée en mai 1981 par décret N°81.393, une unité réalisée à ARIB (wilaya d'Ain Defla) par une ferme italienne équipée à 100% avec le bâtiment social. Le bâtiment de production et le bâtiment de stockage des matières première ont été réalisée par Batimetlal pour le montant de 275.67000,00 DA .L'unité est située à Hay abdelkader à Arib, Bp 01 Ain Defla, 44170 Algérie



**Figure ?:** Vue par GPS de la laiterie d'Arib

L'entreprise ARIB fabrique des produits laitiers tels que le lait, le lait fermenté (lben), le lait caillé (raib), le yaourt, la crème dessert, la crème fraîche, le petit suisse et le beurre.

## 4.3. Matériel et méthodes

### 4.3.1. Matériel non biologique

Le matériel qui a été utilisé au niveau du laboratoire, les produits chimiques, les réactifs et les milieux de culture sont présentés dans l'annexe n° ?.

### 4.3.2. Matériel biologique

Le lait de chèvre est collecté au niveau des éleveurs de la région de Ain Defla durant le mois de Mai  
La poudre de lactosérum a été achetée chez Cheffa ingrédients

La présure a été récupérée au niveau de l'unité d'Arib.

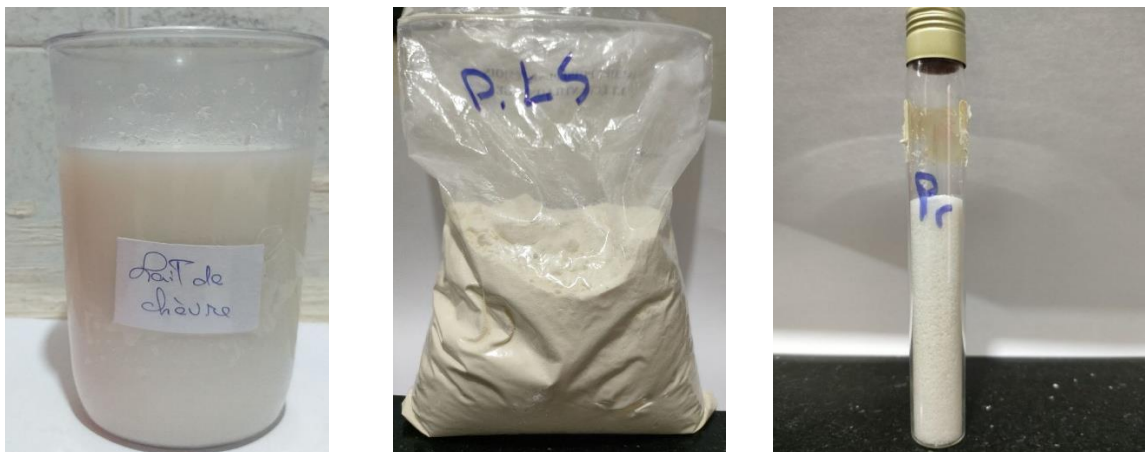


Figure ? :Matières premières et produits utilisées

#### 4.4. Analyses physico-chimiques du lait de chèvre :

Pour évaluer la qualité physico-chimique de lait de chèvre recueilli de la région de Ain Defla, des analyses physico-chimiques ont été réalisées. Ces analyses ont portées sur :

Détermination de la densité (par lactodensimètre).

1. Détermination de l'acidité (par titration).
2. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique).
3. Mesure de la teneur en matière sèche totale (par dessiccation).
4. Dosage des protéines totales (**par la méthode Kjeldahl**) (AFNOR., 1985).
5. Déterminer Ph

##### I.4.4.1. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

Le pH est le potentiel chimique des ions hydrogène dans une solution existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci,  $H_3O^+$  présents.

- **Principe**

La mesure du pH est basée sur l'utilisation d'un pH mètre préalablement étalonné avec deux solutions tampons différentes l'une acide et l'autre basique.

- **Mode opératoire**

- Peser 10 g de poudre dans le Becher rempli par l'eau distillé jusqu'à 50 g.
- Agiter mécaniquement pour homogénéiser le liquide.
- Chauffer juste pour dissoudre l'échantillon.
- Laissez l'échantillon refroidir à 20°C.
- Etalonner l'appareil avant de mesurer le pH.
- Une fois le PH mètre équilibré, introduire l'électrode dans le Becher

contenant le produit.

- **Expression des résultats**

□ Lire sur l'afficheur la valeur du pH.

#### **I.4.4.2. Détermination de la teneur en eau (NF V 05-108, 1970)**

- **Principe**

Le principe de fonctionnement de ces appareils est basé sur la perte de masse observée et équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit.

- **Mode opératoire**

□ Sécher vides à l'étuve durant 15 min à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$

□ Tarer après refroidissement dans un dessiccateur

□ Peser dans chaque capsule 1g d'échantillon préalablement broyé et les placer dans l'étuve réglée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 3h.

- Retirer de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement les peser
- L'opération du pesage est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en déduisant la durée de séchage à 30 min) pour éviter la caramélisation.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{(m1 - m2) \times 100}{PE}$$

Soit :

H % : humidité

M1 : masse de creuset en platine + l'échantillon (lait de chèvre) avant étuvage.

M2 : masse de creuset en platine + matière fraîche après étuvage.

PE : masse de la prise d'essai.

#### **I.4.4.3. Détermination de la densité (par lactodensimètre) (AFNOR, 1985) :**

- **Principe**

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à  $20^\circ\text{C}$  et la masse du même volume d'eau (POINTURIER., 2003).

- **Mode opératoire**

La densité est déterminée à  $20^\circ\text{C}$  par lactodensimètre.

#### **I.4.4.4. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique) (AFNOR., 1985)**



- **Principe**

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C (27°C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100 ml de lait (AFNOR., 1985).

- **Mode opératoire**

- Introduire dans le butyromètre de GERBER ; 10 ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Ajouter 1 ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette en l'écoulant à travers les parois pour éviter le mélange prématuré du lait avec l'acide.
- Ajouter 1 ml d'alcool isoamylique.
- Fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon.
- Mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange.
- Centrifuger pendant 5 minutes à 1200 tours / min

#### **I.4.4.5. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1985)**

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR., 1985).

- **Principe**

Il s'agit d'un titrage acido-basique, l'acide lactique est neutralisé par une solution d'hydroxyde de sodium Na OH (N/9) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

- **Mode opératoire**

- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillé chaude récemment bouilli et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.
- adapter un réfrigérant un reflux à la fiole conique puis chauffé le contenu au bain marie pendant 30min .
- Refroidir transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au le trait de jauge avec de l'eau distillé récemment bouilli et refroidie, bien mélanger puis filtrer.
- Prélever à la pipette 25 ml de filtrat et les verser dans un bécher .
- Ajouter 0.25 à 0.5 ml de phénophtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 1 /9 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30secondes.

- **Expression des résultats**

Le résultat est exprimé en degré Dornic par gramme de fromage (°D/g). L'acidité en degré Dornic est déterminée selon la formule suivant :

$$A (\text{° D}) = \frac{v \cdot N}{V}$$

- **v** : Volume en ml de NaOH 0.1 titré.
- **N** : Normalités de 0. N NaOH.
- **V** : Volume du la suspension de fromage.

#### I.5.1.6. Dosage des protéines totales

- **Principe**

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action d'acide sulfurique et en présence d'un catalyseur, et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium (**Lecoq, 1965**).

- **Mode opératoire**

- Introduire dans un matras de minéralisation 1 g d'échantillon, ajouter une pincée de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium) ;
- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique pur ;
- Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures ;
- Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée ;
- La distillation se fait dans un distillateur automatique (VELP) où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35 % dans le matras et 25 % d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé ;
- Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyl). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique 0.05 N dans un titrateur automatique.

**NB** : Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon.

- **Expression des résultats**

La teneur en azote total est déterminée selon la formule suivante : Voir le protocole en annexe

$$MAT = \frac{0.14(V1 - V2)}{P} \cdot 6.38$$

Soit :

MAT : la teneur en azote totale,

V1 : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0.1N contenu dans le bécher de réception ;

V2 : volume de NaOH à 0.1 N dépensé pour neutraliser l'excès de à 0.1N après la distillation ;

P : Poids de la prise d'essai 0.5g.



**Figure ?.4 :** Photo d'un extracteur Kjeldahl (minéralisateur et distillateur)

#### **4.5. Analyses physico-chimiques de la poudre de lactosérum :**

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre ont été obtenus en récupérant la fiche technique de cette poudre lors de son achat. Ces résultats concernent les paramètres suivants : le pH, la teneur en humidité, le taux de cendre, la teneur en protéines, la teneur en matières grasses et le lactose. La présence ou non des antibiotiques a été aussi obtenue.

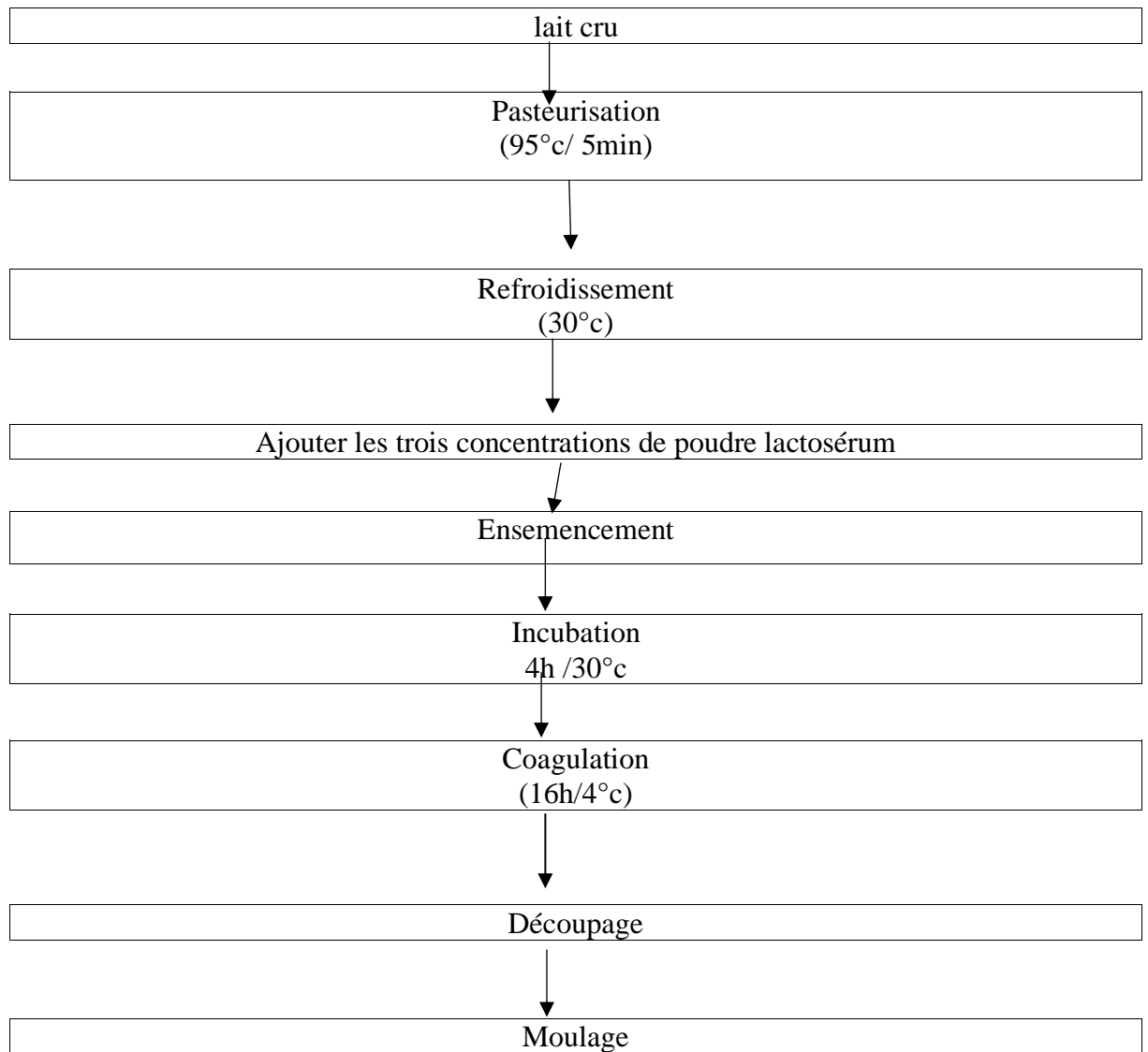
#### **I.6. Incorporation de la poudre de lactosérum dans le fromage à différentes concentrations (**

Nous avons réalisé la préparation de quatre fromages (échantillons) à différentes pourcentages en poudre de lactosérum.

Un volume d'1 litre de lait de chèvre nous a permis de produire 298g de fromage.

- Essai A (témoin : lait de chèvre (100) +0% de poudre de lactosérum.
- Essai B : Lait de chèvre (90%) et 10% poudre de lactosérum
- Essai C : Lait de chèvre (80%) et 20% poudre de lactosérum
- Essai D : Lait de chèvre (75%) et 25% poudre de lactosérum

Les fromages ainsi obtenus ont été conservés à 5°C et analysés à l'état frais. Le diagramme de fabrication du fromage est représenté par la figure ? :



**Figure ? :** Diagramme de fabrication du fromage de chèvre

## **I.7. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des fromages élaborés :**

### **I.7.1. Caractérisation physico-chimique**

Les analyses physico- chimiques de la teneur en eau, le pH , l'acidité titrable , la teneur en matières grasses et la teneur en protéines ont suivi les mêmes protocoles que ceux utilisés pour le lait de chèvre.

### **I.7.2. Analyses microbiologiques du fromage de lait de chèvre**

Selon la réglementation algérienne focalisée dans l'arrêté interministériel du 2 Moharrem 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires, le contrôle de la conformité de la qualité microbiologique de fromage de chèvre consiste à la recherche de trois types de germes suivants :

- Escherichia coli

- Staphylocoques à coagulase +
- Moisissures

### **I.7.2.1 Préparation de l'échantillon**

Le prélèvement du fromage chèvre a été réalisé dans les conditions aseptiques entre deux flammes de becs benzènes pour une quantité de 100 g disposé dans une boîte stérile bien fermée afin de travailler sous la hotte à flux laminaire.

### **I.7.2.2. Préparation de la solution mère**

Nous avons commencé par la préparation du diluant ringer au quart (90 ml) dans des flacons et les stériliser dans l'autoclave pendant une heure, ensuite la préparation de la solution mère 90 ml + 10g de farine, par pesage de 10 g de fromage dans la balance de précision et les ajouter au diluant en assurant une bonne homogénéisation et laisser précipiter le fromage en bas du flacon. Nous avons préparé 12 tubes à essai remplis avec 09 ml de diluant 6 tubes pour l'échantillon de produit et 06 tubes pour l'échantillon de remoulage. Prélever 1ml de la solution mère et l'ajouter à la dilution  $10^{-1}$  et prélever 1ml de la dilution  $10^{-1}$  et l'ajouter à la dilution  $10^{-2}$  ainsi de suite jusqu'à la dilution  $10^{-6}$ .

- **Recherche d'*Escherichia coli***

Pour la recherche du germe *Escherichia coli* les dilutions à préparer sont : SM,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , en utilisant le milieu de culture VRBG et ensemer le produit en profondeur et incuber les boîtes pétri pendant 48h à une température de 44 °C.

- **Dénombrement *Moisissures***

Pour la recherche du germe Moisissures, les dilutions à préparer sont : SM,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , en utilisant le milieu de culture OGA et ensemer le produit en profondeur et incuber les boîtes pétri pendant 05 jours à 37 °C.

- **Dénombrement *Staphylocoques à coagulase +***

Pour la recherche du germe Staphylocoques à coagulase +, les dilutions à préparer sont : SM,  $10^{-1}$ , en utilisant le milieu de culture Chapman et ensemer le produit en surface et incuber les boîtes pétri pendant 24 h à 37 °C.

## **I .8. Evaluation sensorielle des caractéristiques organoleptiques du fromage de lait de chèvre**

Selon la norme NF ISO 5492, les paramètres organoleptiques des produits laitiers (fromage) les plus fréquemment étudiées sont : l'aspect, l'arôme, la saveur, la texture et la couleur. L'analyse sensorielle a été réalisée selon le test hédonique pour évaluer d'une façon générale le degré d'appréciation du produit élaboré en réalisant des profils sensoriels.

La séance de dégustation s'est déroulée au niveau de laitière de GIPLAIT de arib wilaya de ain defla. 15 dégustateurs ont participé à cette analyse des deux sexes dont femmes et hommes de 20ans à 45ans. Ils étaient des employées et sélectionnés d'après leurs disponibilités et volontés à participer à ces essais. Les sujets ne sont pas entraînés mais ils ont l'habitude de participer dans les évaluations sensorielles. Celle-ci a été réalisée aux troisièmes jours de la production sur des échantillons conservés à 4°C. La séance a eu lieu de 10 h à 12 h.

Des échantillons de 40g ont été présentés simultanément dans des pots en plastiques et étiquetés avec un code (Figure I.7). Les sessions d'évaluation ont été effectuées de façon séparée pour qu'il n'ait pas influence entre les membres du panel.

Nous avons demandé aux dégustateurs d'évaluer chaque échantillon codé selon une échelle d'intensité universelle allant de 1 à 9 points pour chaque attribut.

1 = Extrêmement inappréciable,

9 = Extrêmement appréciable et de remplir le bulletin (en annexe N°4) en se basant sur l'analyse organoleptique des produits : l'aspect, l'arôme, la saveur, la texture et la couleur.



# **CHAPITRE V**

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## V. Résultats et discussion

### 5.1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques de lait de chèvre :

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur le lait de chèvre, elles comprennent : le pH, la matière sèche, l'acidité titrable, la densité, le taux de cendres, la teneur en protéines et le taux de matière grasse. Les résultats sont représentés dans le tableau ?:

**Tableau ? :** Caractérisation physico-chimique de lait chèvre

Paramètres	Lait de chèvre cru	Norme (JORA n° 35/1998)
pH	6.51	6.45-6.60
Acidité (°D)	16.85	14-18
Protéine	31.60	/
Densité	1.028	1.027 - 1.035
Matière sèche g/l	11,82	/
Matière grasse (g/L)	63.4	28 - 42g/l
/		

Le pH est un indicateur de fraîcheur du lait, lorsque cette valeur est élevée elle indique une contamination par des agents protéolytique comme les champignons et lorsqu'elle diminue, elle renseigne sur une glycolyse par des bactéries acidifiante comme les coliformes qui produisent des acides mixtes (**Amiot et al., 2002**).

Le pH obtenu de lait de chèvre est de 6,51. Il est en accord avec celui rapporté par Park et al (2007) et qui ont trouvé des valeurs de pH du lait cru varient entre 6,50 à 6,80. Pour (**Rameuf et al., 1998**) ont trouvés des résultats similaires compris 6,45-6,90. Nos sont rejoignent celles trouvées par (Arroum et al ,2016) avec une valeur de 6,66.



Le pH du lait de chèvre cru de la région de Ain Defla est conforme à la norme de (**JORA N° 35/1998**), qui suggère un pH supérieur à 6. Le pH n'est pas une valeur constante et peut varier selon le cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation.

Les résultats trouvés pour l'acidité titrable et la densité de lait de chèvre sont respectivement 16.85°D et 1.028 (Tableau ?). Ces résultats sont en accord avec ceux révélés par **Park et al., (2007)** qui enregistré une acidité varie de 14 à 23°D et une densité comprise entre de 1,029-1,039. Selon **Vignola et al., (2002)**, ces paramètres donnent des information sur l'aspect du lait vu que ces valeurs sont stables.

Selon **Arroum, (2016)**, l'acidité de lait de chèvre dépend du mode d'élevage caprin où les chèvres élevées dans un mode d'élevage intensif ont une acidité de 19,98. L'acidité titrable et la densité du lait de chèvre cru sont conformes à la norme de (**JORA N° 35/1998**), qui suggère un pH supérieur à 6. Par ailleurs, la **FAO (2002)** rapporte que l'acidité du lait est en moyenne 16°D (14-18°D). Notre résultat concorde avec cette valeur rapportée par la FAO.

Pour la densité, la **FAO (2002)** a déterminé un intervalle pour le lait de chèvre qui se situe entre 1,027- 1,035, nous constatons que nos valeurs sont comprises dans cet intervalle. En effet, **Wangoh (1997)** a rapporté que la densité et l'acidité semblent dépendre de la race et du type d'élevage. Voire également que la différence de la densité du lait entre espèces a été attribuée selon **Siboukeur (2007)** à la fréquence d'abreuvement qui peut influencer directement ce paramètre

Le mode de conduite de l'élevage du troupeau et le niveau et mode d'alimentation sont principaux facteurs qui influent sur la variation de la production et la composition du lait (**Kouniba et al 2007**) D'après les résultats obtenus (tableau ?), les valeurs de la matière sèche est de 11,8.2g/l. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Noutfia et al., (2013)** qui ont enregistré pour le lait de chèvre des valeurs proches entre 0,70 % et 9,87 % pour la matière sèche.

Le mode de conduite de l'élevage du troupeau et le niveau et mode d'alimentation sont principaux facteurs qui influent sur la variation de la production et la composition du lait le taux en matière sèche (**Boumendjel et al ., 2017**).

La teneur trouvée lors du dosage des protéines du lait de chèvre par la méthode de kjedahl est de 31.60 g/l,; ce résultat est inférieur à celui donné par **Sottierz (1985)** qui est de 12g/l. La faible teneur obtenue est due probablement à la matière première déficitaire en protéines et au processus suivi dans

la fabrication du frais lors de la pasteurisation de lait qui peut dénaturer les protéines sériques (thermosensibles), ou pendant le caillage (caillage complet).

La teneur obtenue en protéines du lait de chèvre, de l'ordre de 31.60g/l, est légèrement inférieure à celle du lait de vache 33.55g/l. Néanmoins, ces valeurs sont le signe d'une bonne qualité biochimique, en l'occurrence d'une bonne aptitude fromagère.

Pour les résultats de la matière grasse, les résultats du tableau ? montrent que le lait de chèvre cru de la région de Ain Defla présente une teneur égale à 63.4 g/L. Cette teneur obtenue en lipides est légèrement supérieure à celle du lait de vache avec un taux 48g/l. Un résultat similaire a été obtenu par **Elham et al (2011)** pour le lait issu de la même race alpine. Ce taux de matière grasse annonce la bonne aptitude du lait à la transformation fromagère.

## 5.2. Caractérisation physico-chimique de poudre de lactosérum

L'analyse physico-chimique est une étape élémentaire dans cette étude, le rapport de valorisation dépend de la composition de lactosérum, en effet, il est caractérisé par sa richesse en matière sèche (protéines, matière grasse) ; Les résultats obtenus sont rapportés sur le tableau ?:

**Tableau ? :** Caractérisation physico-chimique de la poudre de lactosérum

Indices physico-chimiques	Poudre de lactosérum
Teneur en eau (%)	3
PH à T° 20 °C	6,3-6,9
Matière grasse (g/100 g MS)	2
Protéines (g/ 100 g MS)	11
Lactose (%)	78

### 5.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau de la poudre de lactosérum est de 3,3 % est également dans la norme, qui oblige que la poudre de lactosérum ne devrait pas dépasser 5%.

### 5.2.2.pH

Le pH de la poudre de lactosérum acheté est de 6,7 ; cette valeur est proche de la norme révélée par **Sottiez, (1985)** qui est de l'ordre de 6.1. Cette valeur est conforme à la norme de (**CODEX STAN, 289-1995**), qui suggère un pH supérieur à 6.

#### **5.2.5. Matière grasse**

La valeur trouvée dans notre étude est de 2/100g de MSI, Cette teneur est supérieure à celle trouvée par **Sottiez (1985)** qui est de 1g/l .Cette différence de teneur en matières grasses serait dû au brassage effectué pour séparer le lactosérum du caillé où des **fuites** en matière grasse peuvent avoir lieu (**WOO, 2002**).

#### **5.2.4. Protéines**

La teneur en protéines du lactosérum est de 11 %, cette valeur est égale à celle de la norme mentionnée par le Codex qui s'évalue à 11%, mais qui est supérieure à celle trouvée par **Proot (2001)**, qui est de 7%. Cette richesse en matières grasses peut-être due à la qualité du lait de chèvre étudié. En effet, les protéines du lactosérum possèdent un véritable intérêt nutritionnel, en raison de leur composition élevée en acides aminés essentiels (**Jacquot, 2007**).

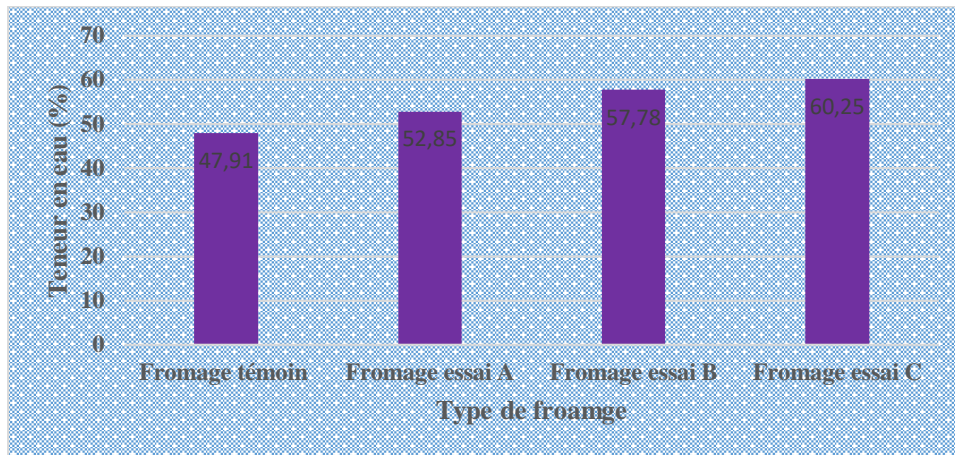
#### **5.2.5. Lactose**

Les résultats de la poudre de lactosérum obtenus montrent que la teneur en lactose égale 78g/l, cette teneur est supérieure à celle trouvée par **Sottiez (1985)** qui est de 75g/l. Ce résultat est peut être dû à un temps de caillage non suffisant, et par conséquent une quantité de lactose qui reste dans le caillé, où pourrait être liée à l'activité microbienne élevée précoce lors des fabrications fromagères comme c'est expliqué par **Sweeney (2004)**.

### **5.3. Caractérisation physico-chimique des fromages élaborés**

#### **5.3.1.1**

Les valeurs de la teneur en eau des trois fromages élaborés et de fromage témoin sont présentés par la figure ?.



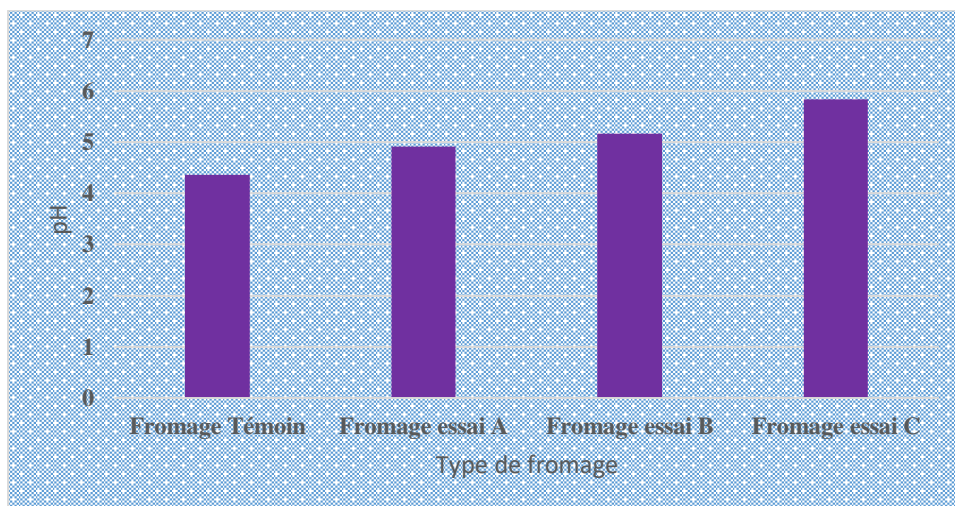
**Tableau 1:** Teneurs en eau des fromages élaborés

Selon les résultats enregistrés dans la figure 1, la teneur en eau des échantillons des fromages fabriqués varie de 47,91 à 60,25. La valeur la plus élevée de la teneur en eau est obtenue par le fromage essai C (60,25 °D) (Tableau 1).

Cette différence de la teneur en eau est due à la technique d'égouttage utilisée lors de la préparation des fromages frais. Elle dépend aussi de l'incorporation de la matière première utilisée.

### 5.3.2.2. PH

Les résultats de la variation de pH des 4 yaourts élaborés sont représentés dans la figure ?



**Figure 2:** Variation du pH des fromages 4 élaborés

Selon les résultats enregistrés, le pH des échantillons de fromage fabrique varie de 4,36 à 5,83. Le pH du fromage produit enregistre une différenciation entre eux. Selon **(Benkerroum et Tamime 2004)**, pour les fromages de chèvre à caractère lactique, l'égouttage s'accompagne d'une

acidification jusqu'au le pH (< 4,2). Ces résultats expriment des valeurs instables du pH de nos échantillons par rapport à la norme.

Les échantillons de fromage étudiés se caractérisent par un pH légèrement acide. Ses valeurs moyennes sont différentes entre elles, elles sont de 4.36 ; 4,91 ; 5,17 et 5,83 pour les fromages Essai A,B,Cet D respectivement.

Tous les échantillons sont inférieurs à celle de **Amimour (2019)** qui a été évaluée à 5.96 pour des fromages frais fabrique par le lait de vache avec la pepsine de poulet, ainsi sont inférieures à celle du pH trouvé par **Bensmaile et al (2013)** qui est de 6.28

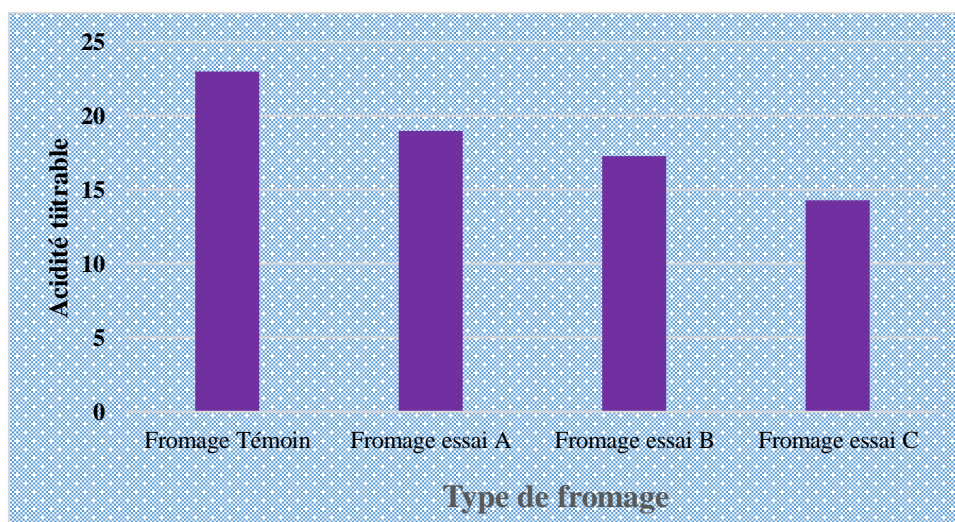
Le pH des trois échantillons des fromages enrichis par le lactosérum est supérieur à celui trouvé par **Rhiat et al (2011)** évalué à 4.09 pour le fromage frais coagulé par présure commerciale. Les valeurs de pH diffèrent d'un produit à l'autre, même si parfois, ils sont de la même région, ceci pour plusieurs causes comme : la méthode et la période de préparation du fromage, le type de lait utilisé, ou alors le type d'alimentation donnée aux animaux (**Ouadghiri., 2009**).

Cette non stabilité peuvent être dues à la méthode de préparation, au type de lait, à la date de préparation ou peuvent être liées au régime alimentaire donnée aux chèvres (**Ouadghiri, 2009**).

L'augmentation de la valeur moyenne du pH des échantillons étudiés est liée principalement au mécanisme de coagulation utilisé (coagulation par action présure) en comparaison avec les résultats rapportés par d'autres auteurs dont la coagulation avait lieu par acidification **Amimour (2019)**. Par ailleurs le temps d'égouttage est très court ce qui ne permet pas aux micro-organismes endogènes de se développer considérablement.

### 5.3.3.3. Détermination de L'acidité titrable

Les résultats de la variation de L'acidité titrable des fromages élaborés sont représentés dans la figure ?



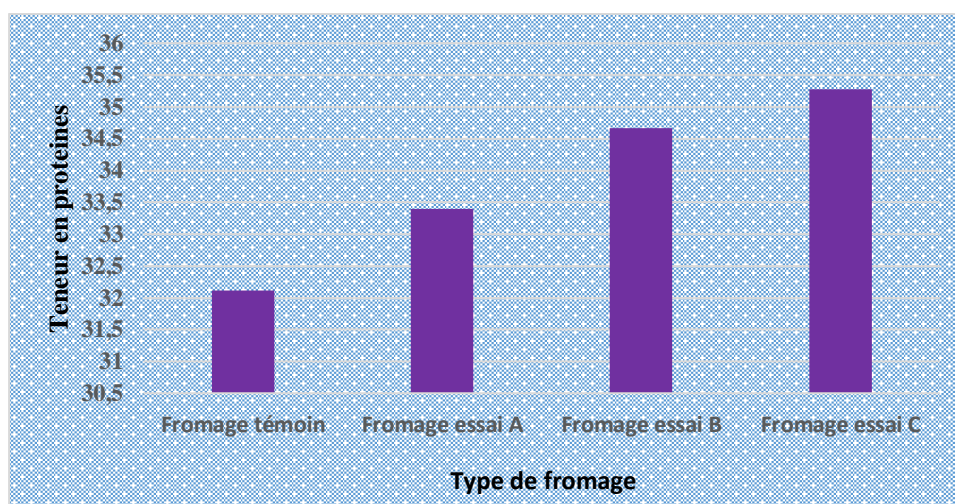
D'après les résultats révélés par la figure 3, la valeur la plus élevée d'acidité est obtenue par fromage témoin (23 °D), alors que les échantillons enrichi par la poudre de lactosérum ont révélé des acidités titrables qui varient entre 14,3 et 19 °D.

La mesure de l'acidité en degrés Dornic a donné des valeurs variables et comprise entre 14,3 D° et 23 D°. Nos résultats sont largement inférieurs à ceux rapportés par d'autres auteurs à savoir, de **Rhiat et al (2011)** 87.4D°, **Bendimerad et al (2013)** (88.25 et 88.5D°) et **Amimour (2019)** 21.5D

L'acidité développée dans le fromage résulte de la transformation du lactose en acide lactique. Elle est mesurée par titration. Les faibles valeurs d'acidité titrable enregistrées dans nos résultats reflètent une faible fermentation lactique dans les échantillons de fromage. En effet la préparation de ce fromage se basait sur la coagulation enzymatique après une faible fermentation lactique **Amimour (2019)**.

#### 5.3.4.4. Teneur en protéines

Les valeurs moyennes de la teneur en protéines des trois fromages élaborés et le fromage témoin (**FT**) sont données dans la figure 4:



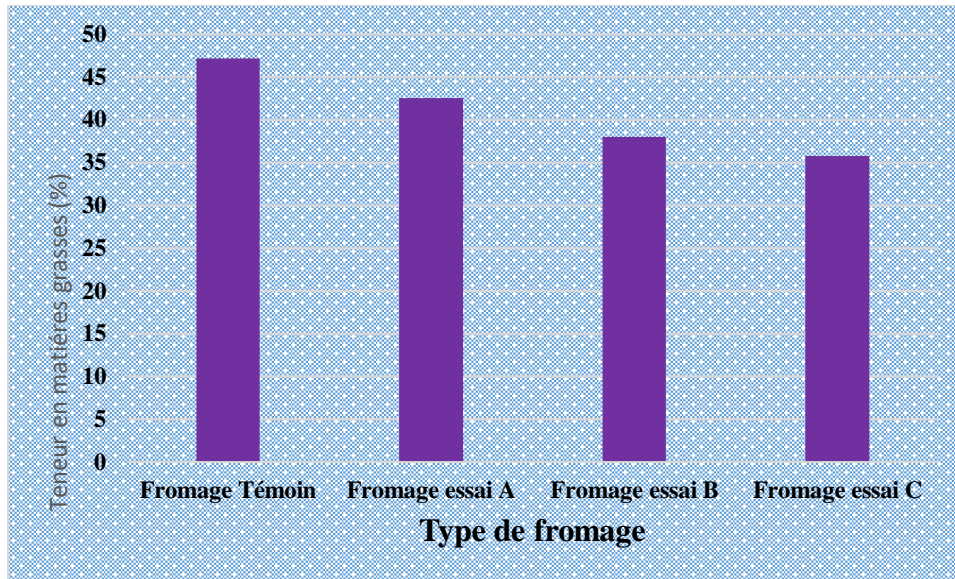
**Figure 4:** Teneur en protéines des fromages élaborés

Selon les résultats enregistrés par la figure ? , le fromage élaboré renferme un taux de protéines de (33,4%) pour a, (34,67%) pour b et (35,28%) pour l'essai C et ce qui est significativement important par rapport celui du témoin (32,11%).

L'augmentation du taux de protéines dans les trois fromages élaborés est due à la richesse de la poudre de lactosérum en protéine (12,3 % de son poids sec) (Tableau II.1). Donc nous pouvons constater que l'enrichissement à améliorer significativement la teneur en protéine du fromage.

#### 5.4. Détermination de la teneur en matières grasses

Les valeurs moyennes de la teneur en matière grasse des trois fromages élaborés et le fromage témoin sont données dans la figure 5:



**Figure 5:** Teneur en matières grasses des fromages élaborés

Selon les résultats enregistrés par la figure 5, la valeur la plus élevée en matière grasse est notée dans le fromage témoin (47,13 %). D'après les résultats d'analyse de la matière grasse des différents fromages, les teneurs diffèrent d'un échantillon à un autre. Nous pouvons révéler que les deux formules des du fromage témoin et de l'essai A sont plus riches en MG en comparaison aux autres formules. Cette différence dépend de la composition en gras de chaque formule.

Cette différence de taux de MG est due à la technique d'égouttage utilisée lors de la préparation des fromages frais. Elle dépend aussi de la composition de la matière première utilisée.

#### II .4. Caractérisation microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques des quatre fromages élaborés sont illustrés dans le Tableau ? Ci-dessous :

**Tableau II.8 :** Résultats d'analyses microbiologiques des fromages élaborés (FT, F1, F2 et F3)

Matières	Fromage témoin	Fromage Essai A	Fromage essai B	Fromage essai C	Normes
<b>Germes</b>					
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	0	0	0	0	1/g

<b><i>Staphylocoques à coagulase + (UFC / g)</i></b>	0	0	0	0	10/g
<b>Moisissures (UFC / g)</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence

Les résultats l'analyse microbiologique des différents produits finis montrent l'absence totale de tous les germes pathogènes ou d'altérations recherchés : *Escherichia coli*, *Staphylococcus* à coagulase +, moisissures. Nous constatons également que le produit analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication.

Ces résultats confirment la bonne qualité microbiologique et hygiénique de la matière première, des ingrédients et de l'emballage et que les fromages ont été réalisés dans de bonnes conditions de préparation.

## **5 .5. Evaluation sensorielle**

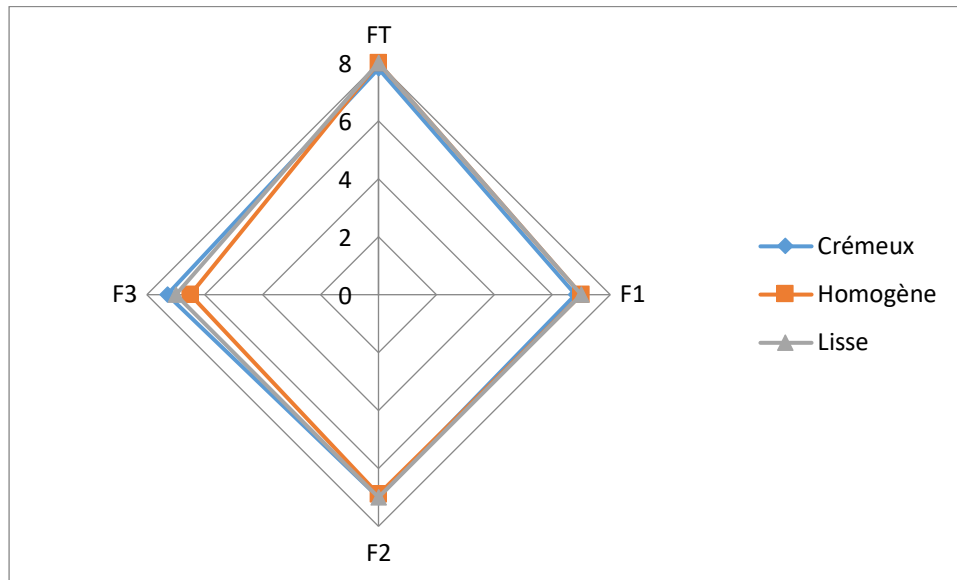
Les résultats de l'analyse sensorielle des trois fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin (sans poudre de lactosérum) de cinq descripteurs (aspect, texture, couleur, odeur et gout) *sont* représentés dans les figures ?. ?, ?, ?, ? et ?.

### **5.5.1 Aspect**

L'aspect des trois fromages élaborés a été évalué selon une échelle hédonique à 9 points (Annexe ? et en comparaison avec un fromage témoin (sans poudre de lactosérum).

D'après nos résultats, nous avons révélé que les panélistes ont trouvés que les trois fromages élaborés ont un aspect moins crémeux, homogène et très lisse en comparaison avec le fromage témoin (Figure ?).

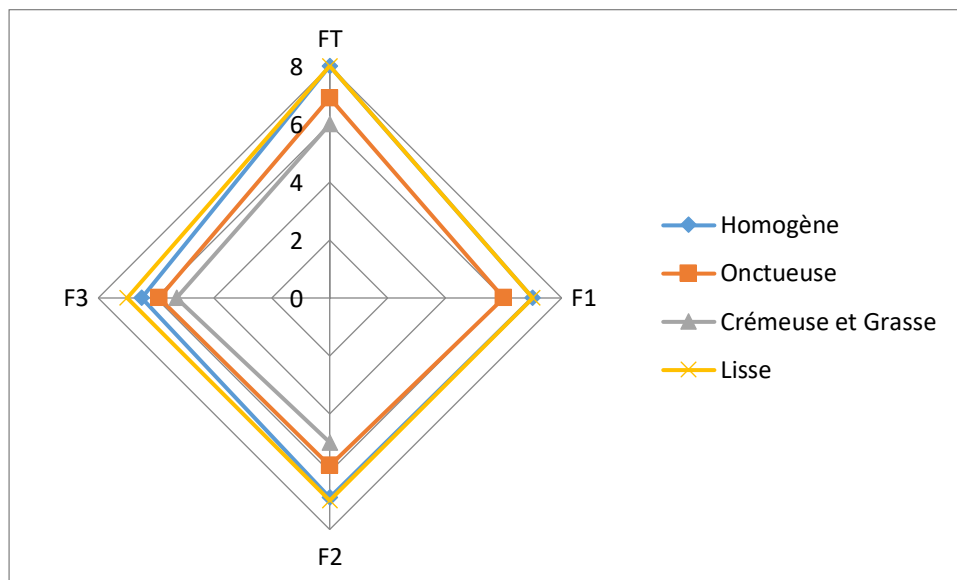




**Figure ? :** Taux d'acceptabilité de l'aspect des fromages élaborés

### 5.5. 2.Texture

La texture des trois fromages élaborés a été évaluée selon une échelle hédonique à 9 points (Annexe ?) et en comparaison avec un fromage témoin (sans poudre de lactosérum). D'après nos résultats, nous avons révélé que les panélistes ont trouvés que les trois fromages élaborés ont une texture onctueuse, homogène et lisse en comparaison avec le fromage témoin (**Figure ?**).



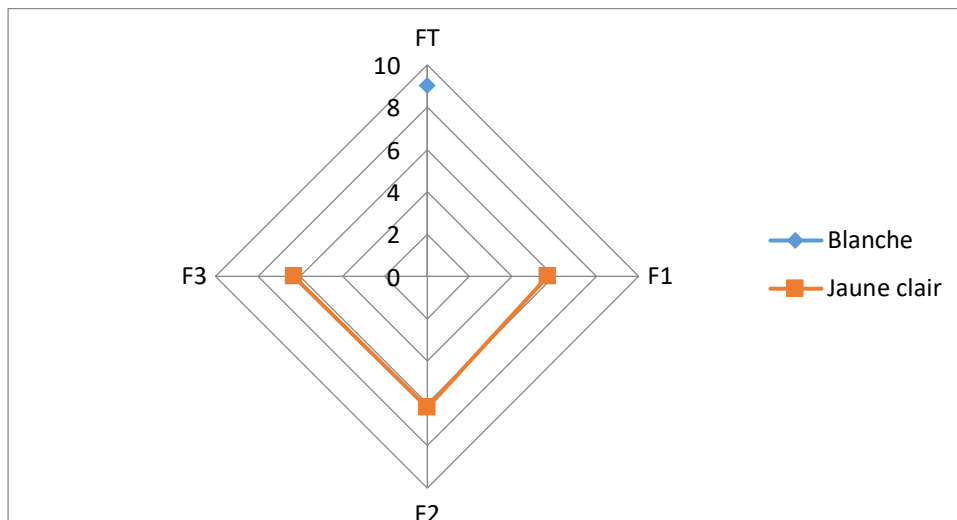
**Figure ? :** Taux d'acceptabilité de la texture des fromages élaborés

### 5.5. 3.Couleur

La couleur des trois fromages élaborés a été évaluée selon une échelle hédonique à 9 points (Annexe ?) et en comparaison avec un fromage témoin (sans poudre de lactosérum). D'après nos résultats, nous avons révélé que les panélistes ont trouvés que les trois fromages élaborés ont une

couleur jaune claire assez appréciable que le fromage tandis que le fromage témoin a une couleur blanche et qui a été très appréciable aussi (Figure ?).

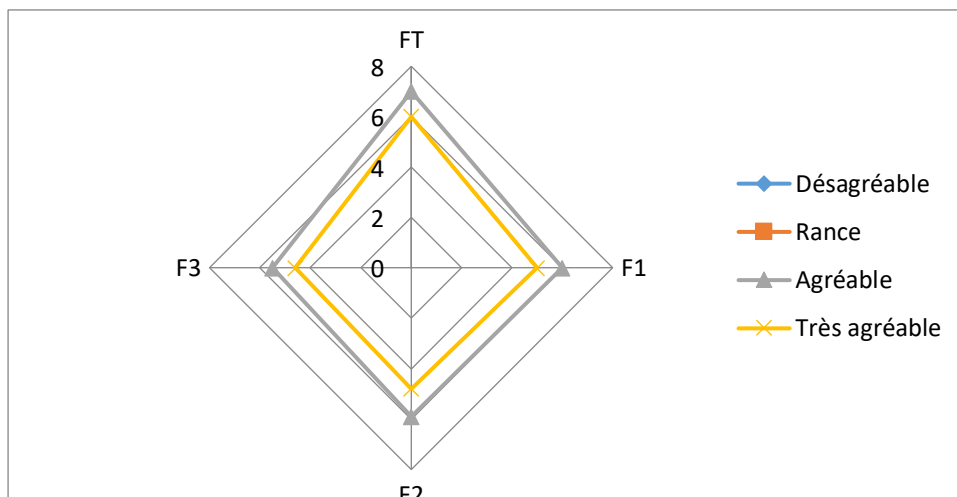
L'intensité de la couleur était comparable dans les deux fromages F1 et F3 et les panélistes n'ont pas pu distinguer entre les deux et en comparaison avec le fromage (F3) qu'il avait une couleur plus intense.



**Figure ?:** Taux d'acceptabilité de la couleur des fromages élaborés

#### 5.5.4. Odeur/ Arôme

L'arôme des trois fromages élaborés a été évalué selon une échelle hédonique à 9 points (Annexe ?) et en comparaison avec un fromage témoin (sans poudre de lactosérum). D'après nos résultats, nous avons révélé que les panélistes ont trouvés que les trois fromages élaborés ont un arôme agréable pour le fromage témoin ainsi qu'une odeur qui est assez appréciable dans les trois fromages élaboré (essai B, C et D).

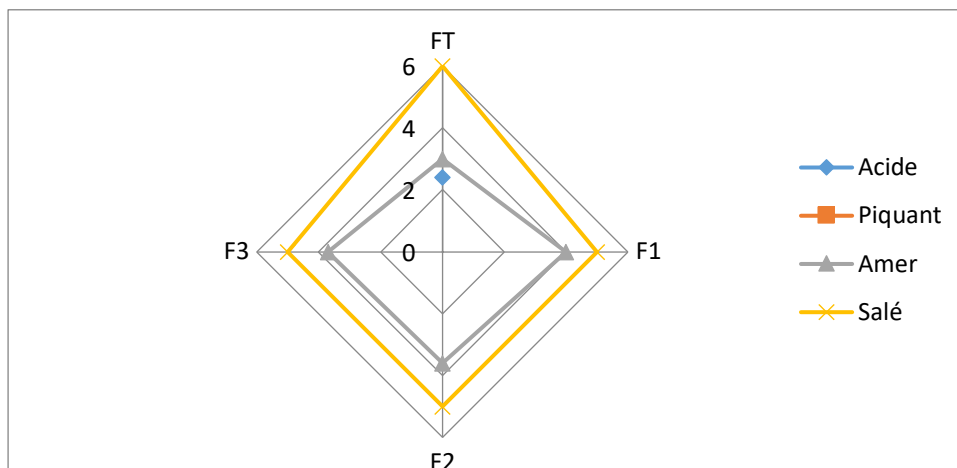


**Figure ? :** Taux d'acceptabilité de l'arôme des fromages élaborés

### 5.5.5. Goût

Le goût des trois fromages élaborés a été évalué selon une échelle hédonique à 9 points (Annexe x) et en comparaison avec un fromage témoin (sans poudre de lactosérum).

D'après nos résultats, nous avons révélé que les panélistes ont trouvés que les trois fromages élaborés ont un goût d'amertume assez inappréciable. Le goût salé été ni inappréciable ni appréciable dans ces dernier fromages et est qui a été vraiment santé dans le fromage témoin et les dégustateurs ont trouvé que ces trois fromages sont plus amers , ce qui a laissé le goût peu appréciable.



**Figure ?:** Taux d'acceptabilité du goût des fromages élaborés



# Conclusion

## Conclusion

Les quantités de lactosérum régénérées au cours de la fabrication du fromage sont parmi les rejets les plus polluants pour l'environnement. La valorisation de ces rejets est nécessaire afin de limiter le problème de cette pollution environnementale et diminuer la facture d'importation de lactosérum en poudre.

Notre étude a permis de faire un essai de valorisation de la poudre de lactosérum, sous-produit de l'industrie fromagère, par son incorporation dans un fromage de lait de chèvre à des concentrations différentes (10%, 20%, 25%), du fait de sa richesse en protéines.

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre ont fait ressortir une conformité relative avec les normes recommandées et ceci pour l'ensemble des paramètres analysés.

Par son incorporation dans la fabrication d'un fromage de lait de chèvre, la valeur nutritionnelle du lactosérum a contribué à améliorer la qualité du fromage en augmentant notamment sa teneur en protéines. Cette teneur est due à la richesse de la poudre de lactosérum en protéines.

Sur le plan microbiologique, les résultats obtenus ont reflété une bonne qualité microbiologique des différents fromages, marquée par une compatibilité avec les normes et une absence des germes recherchés. Nos fromages sont de qualité microbiologique satisfaisante.

L'évaluation sensorielle des fromages préparés à base du lait de chèvre enrichie avec cette poudre de lactosérum, a révélé une appréciation acceptable pour la plupart des critères étudiés.

En conclusion, on pourrait confirmer que la poudre de lactosérum représente un produit qui a une valeur nutritionnelle certaine, qui doit être valorisée pour éviter son rejet dans la nature et causer une perte importante et constituer une source de problème écologique.

Au terme de cette étude, on conclut que la production du fromage avec l'incorporation de la poudre de lactosérum apporte un intérêt économique pour l'industrie fromagère en plus d'un moyen aux usines de s'en débarrasser en évitant son rejet dans la nature.

Ce travail mérite d'être complété par une substitution de la protéine extraite du lactosérum en utilisant d'autres laits.



## **Références bibliographiques**

**Amellal R. La filière lait en Algérie** : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In : Allaya M. (ed.). Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Montpellier : CIHEAM, 1995. p. 229-238 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 14)

**Abdoune, O. (2003)** 'De Magister en Sciences Alimentaires Option Nutrition Appliquée

Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda

: nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage', p. 88. Ingénieur agronomie, p. 88.

**Apria (1973)**. Les lactosérums : traitement et utilisation. Association pour la promotion industrie agriculture. Paris. P : 68-151.

**Apria. (1980)**. Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animal

**Anonyme, 2010**. Les races caprine en Algérie ; le poids de la tradition . Le portail de la nature et l'écologie en Algérie, Nouara , revue de web et articles sur l'environnement en Algérie .

**Alexopoulos , A. , Tzatzimakis , G. , Bezirtzoglou , E. , Plessas , S. , Stavropoulou , E. , Sinapsis , E. , Abas , Z. 2011**. Microbiological quality and related factors of sheep milk produced in farms of NE Greece . Anaerobe 17 , p.p. 276-279 .

**Boudier J.F. et Luquet F.M. (1989)**. Utilisation des lactosérums en Alimentation Humaine et Animale. N° 21, LABCODRA, FNSIA, Douai. 1-113

**Balcons ., Olano A et Calvo M. M , (1996)**. Factors affecting the rennet clotting properties of ewe"s milk .J. Agric. Food chem . Lavoisier, paris, 44 : pp.1993-1996.

**Brulé G., Lenoir J et Remeuf F, (2006)**.La micelle de caséine et la coagulation du lait in : <>éd. Eck et Gillis , 3éme éd. Technique et documentation Lavoisier.

**BARJOLLE et SYLVANDRE (2003)**. Facteurs de succès des produits d'origine certifiée dans les Filières agro-alimentaires en Europe : marché, ressources et institutions INRA Prod. Anim.,16 (4), 289-293. Pp290-293

**Boubezari M.T., 2010.** Contribution à l'étude de caractéristique physicochimique et mycologique du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. Mém. Mag. Constantine (Algérie), 124p.

**Blanchard, 1991) Mattson, D. J., Blanchard, B. M., & Knight, R. R. (1991).** Food habits of Yellowstone grizzly bears, 1977–1987. Canadian Journal of Zoology, 69(6), 1619-1629.

**Bergel et al., 2004). BERGEL D ; FERON A. MOLLICA. (2004).** CRÉSO –UNIVERSITÉ DE CAEN ESO-UMR 6590 CNRS N° 21.

**Benaouida, 2008). Benaouida K, (2008).** Etude de l'alpha amylase de levures isolées d'un écosystème extrême et cultivées sur un milieu à base de lactosérum. Mém. Microb. Appliquée, Univ. Mentouri

**Berry, D., 2000.** What is halal? Dairy Foods101, 36

**Carrillo-Reyes, J., Celis, L. B., Alatrisme-Mondragón, F., & Razo-Flores, E. (2014).** Decreasing methane production in hydrogenogenic UASB reactors fed with cheese whey. Biomass and Bioenergy, 63, 101–108. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.050> Casein whey wastewater effects on soil permeability. Journal of Environmental Quality, 11(1), 31-34.

**Wildemann, H. (2001).** Quality Gates für Entwicklungsprozesse. VDI-Z, 143(5), 31-34.

**Cheryan, 1998) CHERYAN M.(1998).** Ultrafiltration and microfiltration handbook, the chnomic publishing company. Lancaster, PA.

**Cattaneo T M P., Nigro F., Missina G et Giangiacomo.R , (1994).** effet of an enzymatic complex from pineapple pulp on the primary clotting phase. milchwissenschaft.49: pp.269-272

**Claverie M et Vega H, (2007).** Aspartic Proteases Used in Chees making In <> Ed Polaina and A P. MacCab, Springer, pp.207-219.

**Caron A., ST-Gelais D et Pouliot Y, (1997).** «Coagulation of milk enriched with ultrafiltered or diafiltered, microfilteredmilkretentate powders», International Dairy journal, 7 (6-7): pp.445-451



**Coulon J.B. , Delacroix - Buchet A. , Martin B. , Pirisi A. , 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle du fromage . INRA Productions Animales . 18 ( 1 ) , p.p. 49-62 .

**De La Fuente, M.A., Hemar, Y., Tamehana, M., Munro, P.A. et Singh, H. (2002).** Process Induced changes in whey proteins during the manufacture of whey protein Concentrates. International dairy journal 12, 361-369.

**De Wit, J.N. (2001).** From milk to whey. Lecturer's handbook on whey and whey products, First edition; European Whey Products Association: Brussels, Belgium, 8-15

**Dattatreya, A., Etzel, M.R., and Rankin, S.A. (2007).** Kinetics of browning during accelerated storage of sweet whey powder and prediction of its shelf life. International Dairy Journal 17 (2): 177–182

**Delaney, R. A. M. (1976).** Composition, properties and uses of whey protein concentrate. J. Soc. Dairy Technol., 29, 91-101.

**Daviau C M H., Famelart A., Pierre H., Gouedranche J L et Maubois J L, (2000).** Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment, Lait, 80 (4): pp. 397-415.

**DEBRY G., (2006) .***Lait, nutrition et santé.* Paris: Lavoisier, 566p.

**Dumoulin E. , Peretz G. , 1993.** Qualité bactériologique du lait cru de chèvre en France . Lait , 73 , p.p. 475-483 .

**Dybowska E and Fujio Y, (1996).**Effect of temperature and glucond-lactone (GDL). Concentration on milk aggregation and gelation process as revealed by optical method. Milchwissenschaft, 51 : pp.557-560

**Dagleish D G et Law J R, (1989).** Ph-induced dissociation of bovine casein micelles II. Mineral solubilization and its relation to casein release-J.Dairy Res., 56: pp.727-735.

**De Witt J.N.,** Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1e éd., European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique, 2001.

**De Witt J.N.**, Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1e éd., European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique, 2001.

**de Kruif, C.G. and Holt, C. (2003)**. Casein micelle structure, functions and interactions. In: Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins (ed. F. Fox and P.L.H. McSweeney), 233–276. Berlin: Springer

**Eck A, (1990)**. Le Fromage, Paris Ed. Sipaic

**Ernstrom C A et Wongt N P, (1983)**. Milk clotting enzymes and cheese chemistry. In: Fundamentals on dairy chemistry. Ed., B.H. Webb, A.H.Johnson and J.A. Alfold .2ème Ed, the Avipublishing Company Inc, pp. 662-771, 929.

**Fernández-Gutiérrez, D., Veillette, M., Giroir-Fendler, A., Ramirez, A. A., Faucheux, N., & Heitz, M. (2017)**. Biovalorization of saccharides derived from industrial wastes such as whey: a review. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 16, 1–28.

**Fernandez, C., Carracedo, B., Martinez, E. J., Gomez, X., & Moran, A. (2014)**. Application of a packed bed reactor for the production of hydrogen from cheese whey permeate: Effect of organic loading rate. Journal of Environmental Science and Health, 49(2), 210–217. <http://doi.org/10.1080/10934529.2013.838885>

**Forsum, E. (1979)**. Biological evaluation of wheat supplemented by a whey protein concentrate or whey cheese on growing rats. J. Dairy Sci., 62, 1207-10.

**Farkye N Y, (2004)**. Cheese technology. INT.j.Dairy.Tech, 57 : pp. 91-98

**Glass, L. & Hedrick, T. I. (1977b)**. Nutritional composition of sweet- and acidtype dry wheys. II. Vitamin, mineral, and calorie contents. J. Dairy Sci., 60, 190-6.

**GRAPPIN, R., & COULON, J. B. (1996)**. " Terroir", milk and cheese production: some comments. In 3. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris (France), 4-5 Dec 1996. Institut de l'Elevage

**Green M L et Grandison A S, (1993)**. Secondary (nonenzymatic) phase of rennet coagulation and postcoagulation phenomena, In Fox P .F. (Ed), Cheese: Chemistry, physics and microbiology, Vol 1 general aspects, Chapman and Hall, London, pp. 101-140

**Great Y et Brul G, (1993).** Les équilibres minéraux du lait : influence de ph et de la force ionique. Lait, 73 : pp.51-60.

**Gastaldi E., Lagaude A et Tarodo de la Fuente B, (1996).** Micellar transition state in casein between ph 5,5 and 6,0 .J.Foodsci, 61 : pp.1-7

**Galina M.A. , Morales R. , Lopez B. , Carmona M.A. , 1996.** Effect of somatic cell count on lactation and soft cheese yield by dairy goats . Small Rum . Res . 21 , p.p.251-257 .

**Gonzalo C. , Carriedo J.A. , García - Jimeno M.C. , Pérez - Bilbao M. , De La Fuente L.F. 2010.** Factors influencing variation of bulk milk antibiotic residue occurrence , somatic cell count , and total bacterial count in dairy sheep flocks . Journal of Dairy Science 93 ( 4 ) , p.p.1587-1595 .

**Gonzalo C. , Carriedo J.A. , Beneitez E. , Juarez , M.T. , De La Fuente L.F. , San Primitivo F. , 2006.** Short communication : bulk tank total bacterial count in dairy sheep : factors of variation and relationship with somatic cell count . J. Dairy Sci . 89 p.p. 549-552 .

**Gana et Touzi, 2001. Gana S & Touzi A, (2001).** Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. Rev. Energ. Ren

**Gastaldi E., Pelle Grini O., Lagaud A et Tarodo de la Funete B, (1994).** Function of added calcium in acid milk coagulation .J.Foodsci, 59 : pp.310-320.

**GRAPPIN, R., &COULON, J. B. (1996).** «Terroir", milk and cheese production: somecomments. In 3. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris (France), 4-5 Dec 1996. Institut de l'Elevage.

**Hansen R. (1980).** Carbery milk products in Ireland produces alcohol from whey. Nordeuropaisk Mejeri Tidsskr. 46: 10-13.

**Houldsworth, D. (1980).** Demineralization of whey by means of ion exchange and electro dialysis. *International Journal of Dairy Technology* 33 (2): 45–51.

**Ha, E. and Zemel, M.B. (2003).** Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 14 (5): 251–258.

**Henri Goudéronche, Bénédicte Camier -Caudron, Jean yves Gassi, Pierre Schucke.,2008 :** Procédés de transformation fromagère partie 01 .P305.

**J. G. ZADOW** CSIRO, Division of Food Processing, Victoria, Australia, 496 P, WHEY AND LACTOSE PROCESSING

**Janhoj T et Qvist K B, (2010).** The Formation of Cheese Curd; In *Technology of Cheesemaking*. 2<sup>nd</sup> eded, Law, B, A, Tammie, A,Y, Eds, Wiley-blackwell: oxford,UK, pp. 98-129.

**Jost, R., Maire, J.C., Maynard, F. et al. (1999).** Aspects of whey protein usage in infant nutrition, a brief review. *International Journal of Food Science and Technology* 34: 533–542.

**Kunachowicz, H., Pieniazek, D. & Rakowska, M. (1976).** Changes in the available methionine and lysine content of isolates and concentrates of milk and plant proteins. *Nutr. Metabol.*, 20(6),415-24

**Koyuncu et al., 2000 Abdeddaim, M. (2018).** Etude de la composition biochimique des fruits de cinq espèces végétales présentes dans la région des aurès en vue de leur utilisation alimentaire ou pharmacologique (celtis australis L, crataegus azarolus L, crataegus monogyna J, elaeagnus angustifolia L, et zizyphus lotus L) (Doctoral dissertation).

**Kowalchyke A W et Olson N F, (1977).** Effect of ph and temperatur on the secondry phase of milk clotting by rennet, *J. Dairy sci*, 60 : pp.1256-1259.

**LAROUSSE AGRICOLE., (2002).**767p

**Litim, 1984 cité dans cité dans Bouchir-Ladj.2014).**

**Luquet et Boudier, 1990.** D'ETUDE APPROFONDIES, D. B., & LA NUTRITION, A. ETUDE DES PARAMETRES ASSURANT LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE DES FROMAGES: A PATE MOLLE «Ny Angavo»; A PATE PRESSEE «Ny Antsira» et «Byba», PRODUITS PAR TIKO.

**Levenson, E. (2017).** China's new two-child policy sparks increase in births. *Lowisfert*, 1994 ; Dryer et al., 2001). *Lowisfert S*, (1994). Recyclage du lactosérum issu de la transformation fromagère dans l'alimentation animale. *Belletin technique UC AAB*. 2 : 11-17p.

**Luquet F. M., Boudier J. F. (1984).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. *Apria.*, 21, p : 1-7, 66, 83-90.

**Luquet et Francois M. 1990.** lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation- Lavoisier, 621p.

**Le Graët, Y. and Gaucheron, F. (1999).** pH-induced solubilization of minerals from casein micelles: influence of casein concentration and ionic strength. *Journal of Dairy Research* 66 (2): 215–224

**Lucey, J. (2002).** Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science* 85 (2): 281–294

**Lu, C., Wang, G., Li, Y. et al. (2013).** Effects of homogenisation pressures on physicochemical changes in different layers of ultra-high temperature whole milk during storage. *International Journal of Dairy Technology* 66 (3): 325–332

**Lucey, J.A. (2003).** Acid coagulation of milk. In: *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins* (ed. F. Fox and P.L.H. McSweeney), 1001–1025. Berlin: Springer.

**Linden, L., & Lorient, D. (1994).** Biochimie agro-industrielle-Valorisation alimentaire de la production agricole. (ED) Masson. Paris. Milan. Barcelone, 359p.

**Lornete B E ., BrutiC B et Caffini N O, (2004).** Purification and Characterization of a milk clotting asprticprotéinases from globe artichoke. (*Cynarascolyms. L*).*J. Agric, Food, chem*, 52 : pp. 8182-8198.

**Low Y H., Agboola S., Zaho H and LIM M y, (2006).** Clotting and proteolytic of plant coagulants in regular and ultrafiltered bovine skim milk. *Int. Dairy. J.*, 16 : pp.335-343

**LE TABLIER, M. T., & NICOLAS, F. (1994).** Genèse de la "typicité". *Sciences des aliments*, 14(5), 541-556

**- Linden, G. et Lorient, D. (1994).** Biochimie agro industrielle, valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.

**LE TABLIER, M. T., & NICOLAS, F. (1994).** Genèse de la "typicité". *Sciences des aliments*, 14(5), 541-556.

**Luquet F., 1990.** Lait et produits laitiers : vache, brebis et chèvre Tome II Technique et Documentation . 2ème édition, Lavoisier, Paris.

**Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait. (Presses inter Polytechnique, Ed.) (2e ed.). Montréal, Qc: Fondation de technologie laitière du Québec

**Laplanche, 2004)** Sources industrielles du lactosérum

**Laplanche et al., 2006. LAPLANCHE J ;(2004).** Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric.*, 36(5), p: 220-224.

**Mcauliffe Et Al.1982 MCAULIFFE, K. W., SCOTTER, D. R., MACGREGOR, A. N., & EARL, K. D.**

**Morr, C.V. et Ha, E.Y.W. (1993).** Whey protein concentrates and isolate: processing and Functional properties .*Critical reviews in food science and nutrition*, 33 (6), 431-476.

**-Medinbio (2015).** Lactosérum [illustration]. Disponible sur : [www.medinbio.colactoserum2m/html](http://www.medinbio.colactoserum2m/html). (Consulté le 23/12/2020).

**Macwan, S. R., B. K. Dabhi, et al. (2016).** "Whey and its utilization." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 5(8): 134-155

**Meréo, M. (1971).** "Utilisations industrielles de serum de fromagerie." *Indus Aliment Agr*

**medinbio (2015).** Lactosérum [illustration]. Disponible sur :

[www.medinbio.colactoserum2m/.html](http://www.medinbio.colactoserum2m/.html). (Consulté le 23/12/2020).

**Morr, C.V. et Ha, E.Y.W. (1993).** Whey protein concentrates and isolate: processing and Functional properties .Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6), 431-476.

**McDonough, F. E., Hargrove, R. E., Mattingly, W. A., Posati, L. P. & Alford, J. A . (1974).** Composition and properties of WPC from ultrafiltration. I. Dairy Sci., 57, 1438-43.

**Morgan F. , 1999.** Cellules somatiques du lait de chèvre : conséquences sur la composition du lait et la technologie . L'égide , N ° 17 , décembre .

**Mahaut M., Jeantet R., et Brule G., 2000:** In initiation à la technologie fromagère. Partie2 Généralité sur la technologie fromagère. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.194p

**Mietton B, (1995).** La typologie des fromages, Symposium organisé par la Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agriculture et Agroalimentaire Canada, octobre, p. 245.

**Montila A., Balcones E., Olano A et Clavo M M, (1995).** Influence of heat treatments on whey protein denaturation and rennet clotting properties of cowsand goat's milk.J .Agric.Food.chem, 43 : pp.1908-1911.

**Mcmahon D J., Rdchardrdson G H et browen R J, (1984).**Enzymmic milk coagulation rol of equation involving coagulation time and curd firmness in describing coagulation. j. dairy sci, 67, pp.1185-1193

**Mauhaut M., Jeantet R et Brule G, (2005).** Initiation à la technologie fromagère.Tec. &.Doc, paris, France, p. 1-21.

**Majdi, A. (2009).** 'Les fromages AOP et IGP.', in Séminaire sur les fromages AOP et IGP.INT-

**Nelson F., Coll. (1978).**whey utilisation in first flavored drinks. »Dairy and food science14.

**Najera de Renobalesb M et Barrona L J R, (2003).** Effects of ph, temperature, CaCl<sub>2</sub> and enzyme concentrations on the rennet-clotting properties of milk : a multifactorial study. Food Chem, 80: pp.345-352.

**OUSSEDIK, C.** L'industrie laitière en Algérie. 1987.

**Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012).** Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48–68. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>

**Pescuma, M., de Valdez, G. F., & Mozzi, F. (2015).** Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(15), 6183–6196. <http://doi.org/10.1007/s00253-015-6766-z>

**Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007).** Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1–14. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035>

**Pisecky J.**, Technology advances in the production of spray dried milk, *J. Soc. Dairy Technol.* 38 (1985) 60–64

**Pisecky J.**, Technology advances in the production of spray dried milk, *J. Soc. Dairy Technol.* 38 (1985) 60–64.

**Penna, A.L.B., Baruffaldi, R., and Oliveira, M.N. (1997).** Optimization of yogurt production using demineralized whey. *Journal of Food Science* 62 (4): 846–850

**Rodem, 2010. Trivino Arevalo, A. (2017).** Étude environnementale comparative des procédés de valorisation du lactosérum.

**Raynal - Ljutovac , K. , Pirisi , A. , de Crempux , R. , Gonzalo , C. , 2007.** Somatic cells of goat and sheep milk : analytical , sanitary , productive and technological aspects . *Small Rum . Res .* 68 , p.p.126-144 .

**Roseiro L B., Barbosa M., Ames J. M and Wilbey R. A, (2003).** Chee making with vegetable coagulants – The use of *Cynara L.* for the production of ovine milk cheeses.*Int. J. Dairy Tech*, 56 : pp.76-85

**Raynal - Ljutovac , K. , Gaborit , P. , Lauret , A. , 2005.** The relationship between quality criteria of goat milk , its technological properties and the quality of the final products . *Small Ruminant Research* , 60 , p.p.167-177 .



**Raynal - Ljutovac , K. , Pirisi , A. , de Crempux , R. , Gonzalo , C. , 2007.** Somatic cells of goat and sheep milk : analytical , sanitary , productive and technological aspects . Small Rum . Res . 68 , p.p.126-144 .

**Raynal - Ljutovac K. , Lagriffoul G. , Paccard P. , Guillet I. and Chilliard Y. , 2008 .** Composition of goat and sheep products milk : An update .Small Ruminant Reseach , 79 , p.p.57-72 .

**Rota A.M. , Gonzalo C. , Rodriguez P.L. , Rojas A.I. , Martin L. , Tovar J.J. , 1993 .** Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Varetta goat and algebraic models of their lactation curves . Small . Rum . Res . 12 , pp.211-219 .

**Spreer, E. (1998).** Milk and Dairy product technology. (A. Mixa, Ed.) (1st ed.). New York, États Unis: Marcel Dekker, INC

**Sarah Bardy, Mathilde Bentz, Thalys Bussière, Jérémy Chatras, Louise Fontaine, Maelle Gaugler, Audrey Lechat, Ombeline Lengronne. (Mai 2016)** (Valorisations du lactosérum) p,20

**Spalatelu, C. (2012).** Biotechnological valorisation of cheese whey. Innovative Romanian Food Biotechnology, 10(March), 1–8. <http://doi.org/10.1056/NEJMra1313875>

**St-Gelais P., Ould D., Baba A.M. et Turcote S.M. 1999:**Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation .Agriculture et agro-alimentaire.Canada p1-33.600p

**Solorza F J et Bell A E, (1998).**The effect of calcuim addition on the rheological properties of a soft cheese at various stages of manufacture. Int. J. Dairy. Tech, 51 : pp.23-29.

**Simois I et Faro C, (2004).** Stucture and function of plant aspartiqueprotiénases. Eur.J. Biochem 271 : pp. 2067-2075

**Spreer, E. (1998).** Milk and Dairy product technology. (A. Mixa, Ed.) (1st ed.). New York, États Unis: Marcel Dekker, INC.

**Sottiez, P. (1990).** Produits dérivés des fabrications fromagères, « lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre : transformation et technologie ». Ed. LUQUET F.M. Tome 2, Technique et Documentation, 2ème éd. Lavoisier, Paris. 357-390

**Tratnik, L. and Krsev, L. (1987).** Production of Fermented Beverage from Milk with Demineralized Whey. Food and Agriculture Organization of the United Nations

**Vrignaud, Y. (1983).** Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière Française, (422), 41-46.

**Venetsaneas, N., Antonopoulou, G., Stamatelatou, K., & Kornaros, M. (2009).** Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling approaches. Bioresource Technology, 100(15), 3713–3717.

**Visser S., Van Rooyen P J et Slangen C J, (1980).** Peptide substrates for chymosin (renin). Isolation and substrate behaviour of two tryptic fragments of bovine k-casein, Eur. J. Biochim, 108 : pp.415-421.

**Woo, A. (2002).** La grande diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada, p3-13

**Wilson , D.J. , Stewart , K.N. , Sears , P.M. , 1995.** Effects of stage of lactation , production , parity and season on somatic cell counts in infected and uninfected dairy goats . Small Rum . Res . 16 , p.p.165-169 .

Yang et al.1980). Yang, P. C., & Yau, S. T. (1980). Eigenvalues of the Laplacian of compact Riemann surfaces and minimal submanifolds. Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa-Classe di Scienze, 7(1), 55-63.

**Zeng S.S. , Escobar E.N. , Popham T. , 1997.** Daily variations in somatic cell count , composition , and production of Alpine goat milk . Small Rum . Res . 26 , p.p.253-260

**Zweifel C. , Muehlherr J.E. , Ring M. , Stephan R. , 2005.** Influence of different factors in milk production on standard plate count of raw small ruminant's bulk - tank milk in Switzerland . Small Ruminant Research 58 ( 1 ) , p.p.63-70 .

**Zadow, 1989. Morabito, D. (1994).** Production d'acide lactique par *Lactobacillus casei* sur lactosérum: études cinétiques, modélisation et simulation de procédé intégré (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

# **Annexes**

### **1-détermination de la teneur en eau : NF V 05-108, 1970**

#### **Mode opératoire :**

- Sécher les capsules vides à l'étuve durant 15 min à  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur
- Peser dans chaque capsule 1g d'échantillon préalablement broyé et les placer dans l'étuve réglée à  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 3h.
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement les peser .l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en déduisant la durée de séchage à 30 min) pour éviter la caramélisation.

### **2-Détermination du pH : NF V 05-108, 1970**

#### **Mode opératoire:**

- Couper en petits morceaux une partie de l'échantillon, éliminer les noyaux et les logescarpellaires,
- Placer les produits dans un bécher et y ajouter 3 fois son volume d'eau distillé
- Chauffer au bain marie pendant 30 min en remuant de temps en temps avec une baguette en verre;

Broyer ensuite le mélange obtenu dans un mortier et procéder à la détermination de PH en prenant soins que l'électrode soit complètement émergé dans la solution

### **3-Détermination de l'acidité titrable : NF V 05-101, 1974**

#### **Mode opératoire:**

- Peser à 0.01 g près au moins 25 g de datte broyé
- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillé chaude récemment bouillé et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène
- adapter un réfrigérant un reflux à la fiole conique puis chauffé le contenu au bain marie pendant 30min
- Refroidir transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au le trait de jauge avec de l'eau distillé récemment bouillé et refroidie, bien mélanger puis filtrer
- Prélever à la pipette 25 ml de filtrat et les verser dans un bécher
- Ajouter 0.25 à 0.5 ml de phénophtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N jusqu'a l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30secondes.

### **4-Détermination de la teneur en protéines**

Introduire dans un matras de minéralisation 1 g d'échantillon, ajouter une pincée de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium) ;

- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique pur ;

- Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures ;
- Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée ;
- La distillation se fait dans un distillateur automatique (VELP) où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35 % dans le matras et 25 % d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé ;
- Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyl). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique 0.05 N dans un titrateur automatique.

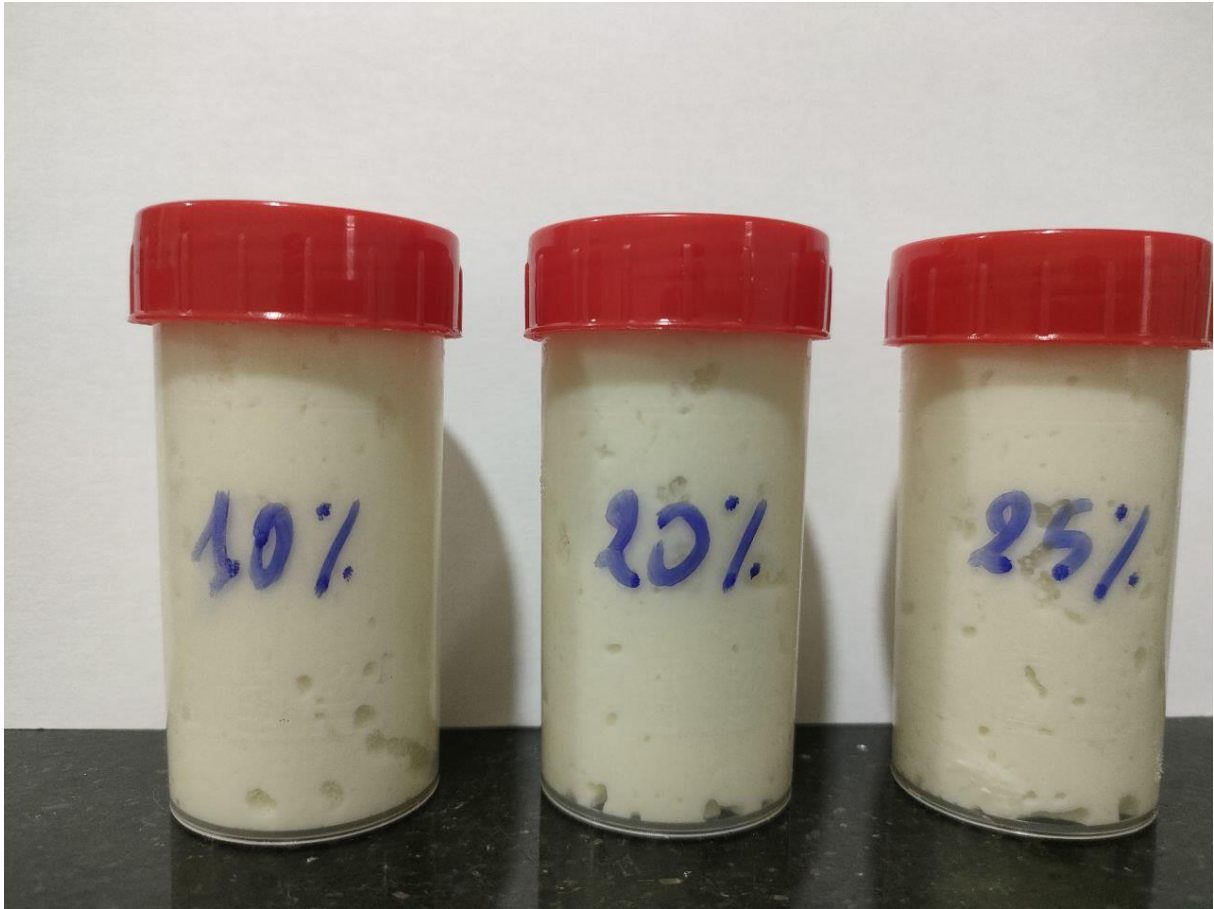
**NB :** Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon

## **5. Détermination de la matière grasse par la méthode Gerber**

### **Mode opératoire**

- Introduire dans le butyromètre de GERBER ; 10 ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Ajouter 1 ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette en l'écoulant à travers les parois pour éviter le mélange prématuré du lait avec l'acide.
- Ajouter 1 ml d'alcool isoamylique.
- Fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon.
- Mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange.
- Centrifuger pendant 5 minutes à 1200 tours / min

**Annexe n°2**



**Figure 1 : Photo des yaourts élaboré**

### Annexe n°3

**Tableau 1 :** Taux d'acceptabilité de l'aspect des fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin. FT (témoin), F1 (10 % de poudre de lactosérum), F2 (20 % de poudre de lactosérum), F3 (25 % de poudre de lactosérum).

<u>Aspect</u>	FT	F1	F2	F3
Crémeux	7,8	6,8	7	7,3
Homogène	8	7	6,9	6,5
Lisse	8	7	7	7

**Tableau 2 :** Taux d'acceptabilité de la texture des fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin. FT (témoin), F1 (10 % de poudre de lactosérum), F2 (20 % de poudre de lactosérum), F3 (25 % de poudre de lactosérum).

<u>Texture</u>	FT	F1	F2	F3
Homogène	8	7	6,9	6,5
Onctueuse	6,9	6	5,8	5,9
Crémeuse et Grasse	6		5	5,3
Lisse	8	7	7	7

**Tableau 3:** Taux d'acceptabilité de la couleur des fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin. FT (témoin), F1 (10 % de poudre de lactosérum), F2 (20 % de poudre de lactosérum), F3 (25 % de poudre de lactosérum).

<u>Couleur</u>	FT	F1	F2	F3
Blanche	9			
Jaune clair		5,7	6,2	6,3

**Tableau 4 :** Taux d'acceptabilité de l'arôme des fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin. FT (témoin), F1 (10 % de poudre de lactosérum), F2 (20 % de poudre de lactosérum), F3 (25 % de poudre de lactosérum).

<u>Odeur/ Arôme</u>	FT	F1	F2	F3
Désagréable				
Rance				

Agréable	7	6	5,9	5,5
Très agréable	6	5	4,8	4,6

**Tableau 5 :** Taux d'acceptabilité du goût des fromages élaborés en comparaison avec le fromage témoin. FT (témoin), F1 (10 % de poudre de lactosérum), F2 (20 % de poudre de lactosérum), F3 (25 % de poudre de lactosérum).

<b>Gout</b>	FT	F1	F2	F3
Acide	2,4			
Piquant				
Amer	3	4	3,6	3,7
Salé	6	5	5	5



## Annexe n°4

### Fiche d'évaluation sensorielle descriptive du fromage chèvre

Type d'échantillon : Fromage chèvre

Date :

Age :

Sexe : Féminin :

Masculin :

Après avoir dégusté, nous vous demandons de cocher les cases ou d'attribuer une note de 1 à 9 points pour les paramètres suivants.

Il vous ait présenté quatre échantillons de fromage chèvre, veuillez commencer par déguster celui qui se porte le fromage témoin.

	Fromage témoin	Fromage 1	Fromage 2	Fromage 3
<b>Aspect</b> -Crémeux -Homogène -Lisse				
<b>Texture</b> -Homogène -Onctueuse -Crémeuse et grasse -Lisse				
<b>Couleur</b> -Blanche -Jaune clair				
<b>Odeur / Arôme</b> -Désagréable -Rance -Agréable -Très agréable				
<b>Gout</b> -Acide -Piquant -Amer -Salé				

1. Extrêmement inappréciable ,2. Très inappréciable ,3. Inappréciable ,4. Assez inappréciable  
,5. Ni inappréciable ni appréciable ,6. Assez appréciable ,7. Appréciable ,8. très appréciable  
,9. Extrêmemen