



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :  
N° de série :

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

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## LICENCE

**Domaine :** Sciences de la nature et de la vie

**Filière :** Biologie

**Spécialité :** Biochimie

## Thème

**Etude analytique des propriétés physico-chimique et  
biochimique du lactosérum avant et après un  
traitement chimique**

**Par :**

BAGHBAGHA Yasmine

BABEKER Aicha Farah

**Jury :**

M <sup>me</sup> LAHOUEL Nacéra	Attachée de recherche	URAER	<b>Encadreur</b>
M <sup>elle</sup> TELLI Alia	Maître Assistant A	Univ.Ghardaïa	<b>Co- Encadreur</b>
M <sup>elle</sup> BOUSDIRA Khalida	Attachée de recherche	URAER	<b>Examineur</b>
M <sup>elle</sup> YAHIAOUI Fatiha	Attachée de recherche	URAER	<b>Examineur</b>

**Année universitaire 2012/2013**

# *Dédicace*

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de dieu tout puissant .*

*A mon très cher père...*

*A ma très chère mère...*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect  
que j'ai toujours eu pour vous.*

*Ce travail est le fruit de nombreux sacrifices que vous aviez consentis tout au long  
de ma scolarité.*

*A mon cher frère : Kacem, son épouse Aicha et leur petit fils « Wajih ».*

*A mes chers frères : Wassim et Sohaib.*

*A ma chère sœur : Houria, son mari Bakir et leur petite fille « Manel ».*

*A ma chère sœur : Sara et son mari Sofiane.*

*A mon cher fiancé : Khodir.*

*Vous êtes plus que des frères et des sœurs mais des amis avec le sens profond de l'amour fraternel qui est  
devenu notre parole Les mots ne suffisent pas pour exprimer l'intensité de l'affection et de la  
reconnaissance que j'aie pour vous.*

*A tous les membres de ma famille, petits et grands, surtout : à ma chère cousine « Hind ».*

*A tous les membres de l'association « EL-FADILA » et à monsieur 'Ibrahim Fekhar'.*

*Enfin je dédie ce travail à mes chères amies et mes collègues de ma promo : Karima  
« Tichou », Safia, Yasmine, Noura, Aziza, Sara, Lamia, Assia.*

*\*Farah\**

# *Dédicace*

*Je voudrais dédie ce modeste travail :*

*À mon père, celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la science et la volonté forgent les grands esprits.*

*À ma mère, celle qui m'a appris que la patience est la clé de la réussite.*

*Ce travail est le fruit de vos efforts et de vos sacrifices, qu'il soit pour vous un faible témoignage de ma profonde affection et gratitude.*

*À ma sœur, pour ses encouragements, ses soins et ses tendresses même les mots ne suffisent pas pour exprimer toute l'affection et l'amour que j'éprouve pour lui.*

*À mon petit frère Omar Elfarouk,*

*À mon fiancé, pour ses encouragements permanents et ses soutiens sans failles.*

*À ma grande famille chacun en son nom pour leurs encouragements.*

*À toutes mes amies.*

*À tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils dans les moments les plus difficiles.*

*Yasmine*

## **Remerciement**

*Tout d'abord remercions DIEU, le puissant de nous avoir donné le privilège, la chance d'étudier et suivre le chemin de la science, comme nous l'avons toujours voulu et souhaité.*

*Ce travail à été réalisé au laboratoire de biomasse à l'Unité de Recherche Appliqué en Energie Renouvelable(URÆER) sous la direction de Madame Chader Kerdjou Samira ainsi qu'au niveau du Laboratoire d'Institute National spécialisée en Formation Professionnelle Mohamed Cherif Messaadia (INSFP).*

*Nous remercions du fond du cœur Madame LAHOUL Nacéra, pour nous avoir encadrées avec beaucoup d'efficacité, de rigueur, de compétences et de disponibilité. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse gratitude et notre profond respect.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à M<sup>elle</sup> TELLI Alia, Co-promoteur de ce mémoire Son aide et sa disponibilité ont été des atouts précieux. Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère remerciement. Un grand merci s'adresse aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce travail : M<sup>elle</sup> Yahiaoui Fatiha et M<sup>elle</sup> Khalida Bousfira.*

*Nous tenons à remercier LA LAITERIE D'ALOUANI pour leur accueil et leur aimable aide. Que M.HANSALI veuillent accepter nos remerciements les plus sincères pour le l'accueil, qu'ils nous ont réservé durant la réalisation de notre travail dans leur laboratoire.*

*Nos remerciement s'ardasse également à M .BENBRAHIM Fouzi, chef de département de la biologie pour l'aide et l'intérêt qu'il a porté à notre égard. Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère remerciement.*

*Nous tenons à exprimer également nos reconnaissances à tous nos enseignants des différents niveaux d'étude qui nous ont formés.*

*Un grand merci à toutes les personnes qui nous ont soutenues de près ou de loin au cours de la réalisation de ce modeste travail.*

*Enfin, pour leur soutien sans faille et permanent, nous tenons à remercier de tout cœur nos parents.*

## Résumé

De nos jours les normes environnementales exigent aux industriels le respect du milieu naturel en contrôlant la composition des rejets industriels et en étudiant son influence sur la faune et la flore du milieu. L'industrie agro-alimentaire doit faire face à un problème devenu au fil de ces dernières années de plus en plus crucial. Il s'agit de la pollution créée par les déchets et les rejets de cette industrie.

L'objectif de ce travail est de participer à la caractérisation des rejets d'un type d'industrie agro-alimentaire le plus actif dans la région, l'industrie laitière.

L'industrie laitière génère des rejets qui sont fortement chargés en matières organiques biodégradables et un taux de matières en suspension très élevé il s'agit donc du lactosérum. Ce dernier avec sa composition biochimique (lactose, protéines, vitamines), se considère comme un excellent milieu valorisable et devient de plus en plus un facteur de pollution redoutable.

Selon le dernier recensement de la direction d'agriculture et de du Commerce de la Région, La wilaya de Ghardaïa abrite plus de cinq Laiteries, Qui déverse ses effluents directement dans les collecteurs municipaux et dans l'Oued de la wilaya.

Les rejets liquides étudiés dans notre travail proviennent d'une unité de production de lait et de produits laitiers : **LAITERIE DE ALOUANI**.

Des analyses biochimiques et physico-chimiques des effluents liquides étudiés ont été réalisées avant et après, plusieurs techniques de traitement effectuées.

Nos résultats montrent que les composés du lactosérum partiellement ou totalement hydrolysés représentent une ressource considérable en particulier en (protéines, matière grasse, lactose ....) Qui peut être par la suite exploitée dans de différents domaines : nutritionnel, technologique, économique, industries agro-alimentaires et médicale.

**Mots clés :** rejet, lactosérum, hydrolyse chimique, acide sulfurique.

## ملخص

إن الضوابط البيئية في وقتنا الحالي ألزمت الشركات الصناعية على احترام البيئة الطبيعية من خلال مراقبة نوعية النفايات الصناعية ودراسة تأثيرها على النباتات والحيوانات في الوسط البيئي.

القطاعات (الزراعية – الغذائية) عليها مواجهة مشاكل أصبحت حدة في هذه السنوات الأخيرة وهي المتمثلة في التلوث الناجم عن المخلفات والنفايات الصادرة عن هذه القطاعات.

والهدف من هذه الدراسة يتمثل في تحديد خصائص نوع من أنواع هذه النفايات السائلة المخلفة من نمط قطاع (زراعي – الغذائي) والأكثر نشاطا في المنطقة هي: صناعة الألبان.

مخلفات صناعة الألبان تحتوي بشكل كبير على المواد العضوية القابلة للتحلل وعلى نسبة عالية من المواد العالقة، الذي هو مصّل اللبن، وهذا الأخير بمكوناته الكيموحيوية (لاكتوز، بروتينات، فيتامينات) يعتبر من أحسن الأوساط (المخلفات) للمعالجة.

وفقا للإحصائيات الأخيرة من إدارة الزراعة والتجارة في المنطقة، أن ولاية غرداية تملك أكثر من خمسة منتجات للألبان، والتي تقوم بتصريف نفاياتها السائلة مباشرة في مجاري البلدية وفي واد الولاية.

المصبات الصناعية المدروسة في بحثنا هي مخلفة من وحدة إنتاج الحليب ومنتجاته، منمصنع علواني للحليب.

التحليل الكيموحيوية و الفيزيوكيميائية للنفايات السائلة المدروسة تمت قبل وبعد المعالجة لعدة تقنيات.

تظهر نتائجنا أن مكونات مصّل اللبن المحلل جزئيا أو كليا تمثل موردا هاما على وجه الخصوص (البروتينات،

المادة الدسمة، اللاكتوز...) والتي يمكن أن تستخدم لاحقا في مختلف المجالات: الغذائية، التكنولوجية، الاقتصادية، الصناعات الغذائية -الزراعية والطبية.

**الكلمات المفتاحية:** المخلفات، مصّل اللبن، الإماهة الكيميائية، حمض السولفيريك.

## Liste des sigles et abréviations

**°D:** Degré DORNIC.

**DBO:** Demande biologique en oxygène.

**EB:** Les Eaux Blanches

**EBr :** Les Eaux Brunnes

**EC:** La conductivité électrique.

**EV :** Les Eaux Vertes

**Ls:** Lactosérum

**mS:** milli Siemens.

**MS:** La matière sèche.

**N :** Normalité.

**pH :** potentiel d`hydrogène.

**PRM:** Rotation par minute.

**SNG :** solides non gras.

**t :** temps.

**T :** Température.

**Tc :** La température de congélation.

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

### Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Principaux exportateurs de lactosérum en 2005 tonnes ---	<b>1</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 2 :</b> Principaux importateurs de lactosérum en 2005 tonnes-----	12	
<b>Figure 3:</b> Diagramme les différents traitements du lactosérum établi par-----	14	
<b>Figure 4:</b> Structure de l'acide sulfurique -----	<b>2</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 5:</b> Lactostar « Funke Gerber » -----	27	
<b>Figure 6 :</b> le procédé de détermination de la teneur en matière grasse -----	29	
<b>Figure 7:</b> protocole de traitement de lactosérum-----	<b>3</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 8:</b> hydrolyse de lactosérum par acide sulfurique. -----	33	
<b>Figure 9:</b> concentration du lactose (●), protéine (▲) durant hydrolyse acide par l'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (0,5M) à 45C° de lactosérum. -----	<b>4</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 10:</b> Cinétique d'hydrolyse du lactosérum par l'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (0,5M) à 45C° de lactosérum Matière sèche(■), Matière grasse(◆). -----	42	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Composition type (en g/ l) de lactosérum acide et doux -----	8
<b>Tableau 2:</b> Différents types de lactosérum -----	9
<b>Tableau 3:</b> Les applications du lactosérum dans la transformation des aliments et boissons -	16
<b>Tableau 4:</b> Caractéristiques physico-chimiques de rejet (lactosérum) de l'industrie laitier cas (laiterie Alouani) -----	37
<b>Tableau 5:</b> Effet de traitement chimique sur les caractéristique de lactosérum après 60 min d'hydrolyse à 45 °C -----	38
<b>Tableau 6:</b> La composition biochimique de rejet (lactosérum) de l'industrie laitier -----	39
<b>Tableau 7:</b> Effet de traitement chimique sur la composition du rejet (lactosérum) après 60 min d'hydrolyse à 45 °C-----	43

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Rappel bibliographique</b>	<b>3</b>
1. Déches, effluents et pollutions	3
1.1. Impacte sur l'environnement	3
1.2. Les caractéristiques des effluents des industries agro-alimentaires	3
1.3. Les caractéristiques des effluents des industries laiteries	4
1.4. Les effets des effluents	5
1.4.1. L'influence sur l'environnement	5
1.4.2. L'influence sur la sante	5
1.4.3. L'influences économiques	5
1.5. Les effluents de l'industrie laitières	5
1.5.1. Rejet de lactosérum	6
2. Le lactosérum	7
2.1. Définition	7
2.2. Composition du lactosérum	7
2.3. Les différents types de lactosérum	7
2.4. Les facteurs qui influencent la qualité du lactosérum	7
2.5. Les propriétés fonctionnelles du lactosérum	10
2.6. Principaux producteurs de lactosérum	10
2.7. Traitements en vue de la valorisation du lactosérum	13
2.8. Valorisation du lactosérum	13
2.8.1 La valorisation énergétique du lactosérum	13
2.9. Les domaines d'exploitation du lactosérum	15
3. Hydrolyse	18
3.1 Définition d'hydrolyse	18
3.2. L'effet d'hydrolyse	18
3.3. La réaction d'hydrolyse	18
3.4. Type d'hydrolyse	18
3.4.1. Hydrolyse biochimique	19
3.4.1.1. Hydrolyse enzymatique	19
3.4.2. Hydrolyse chimique	19

3.4.2.1. L'hydrolyse acide -----	19
3.4.2.1.1. Acide sulfurique -----	20
<b>Matériels et méthodes</b> -----	23
1. Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques-----	24
2. Matériel utilisé pour les analyses biochimique-----	24
3. Produits chimique et réactifs -----	24
4. Lactosérum -----	25
5. Analyse du lactosérum -----	25
5.1. Caractérisation physico-chimiques -----	25
5.1.1. Mesure du pH-----	25
5.1.2. Mesure de la conductivité-----	25
5.2. Caractérisation biochimiques-----	26
5.2.1 Analyse biochimiques de lactosérum-----	26
5.2.2. Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique) -----	28
6. Traitement de lactosérum -----	30
6.1. Ecrémage -----	30
6.2. L'hydrolyse par l'acide sulfurique -----	32
7. Analyse du lactosérum Après une hydrolyse par l'acide sulfurique-----	34
7.1 Etude des caractéristiques physico-chimique des hydrolysats de lactosérum -----	34
7.1.1 Mesure du pH des hydrolysats -----	34
7.1.2 Mesure de conductivité-----	34
7.2 Analyse biochimique des hydrolysats de lactosérum -----	34
<b>Résultats</b> -----	35
1. Caractérisation physico-chimique de rejet (lactosérum) avant et après le traitement -----	35
2. Caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) avant et après l'hydrolyse -----	38
2.1. La caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) avant l'hydrolyse -----	38
1.2. La caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) après l'hydrolyse -----	40
<b>Discussion</b> -----	44
<b>Conclusion</b> -----	51
<b>Références bibliographies</b> -----	52

# Introduction

## **Introduction**

Le secteur laitier est en pleine expansion et croissance, répondant ainsi à l'augmentation notable en consommation des produits laitiers dans les pays du Maghreb. En effet, l'Algérie est le plus gros consommateur de lait et de produits laitiers au niveau maghrébin, avec une consommation annuelle moyenne d'environ 100 litres contre 45 litres au Maroc et 83 litres en Tunisie de ce fait la capacité de production industrielle de lait et produits laitiers a évolué depuis les premières années de l'indépendance en passant de 24 millions de litres en 1963 à 1,3 milliard de litres équivalent-lait en 1994.

Etant donné l'évolution croissante en quantité des produits laitiers, on s'attend à une augmentation proportionnelle des quantités de déchets issus de l'activité laitière en Algérie.

Le lactosérum est le principal sous-produit de l'industrie laitière et fromagère. Le lactosérum a une composition variable avec le type de fabrication dont il est issu. Ainsi le sérum provenant d'une usine à pâtes fraîches sera plus acide et contiendra donc moins de lactose mais plus de sels minéraux que le sérum provenant d'une usine à pâtes molles ou à pâtes pressées (cuites ou non). Il est composé généralement de plus de 70% de lactose, à plus de 10% de protéines et très riche en vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine) et B6 (Pyridoxine). Il est très riche en protéines, à faible teneur en lipides et riche en calcium.

Les déchets organiques largement considérés comme source de pollution et comme menace pour l'environnement et pour les populations riveraines des installations agroalimentaires, offrent aujourd'hui des possibilités inédites pour créer de nouvelles filières de collecte et de valorisation. Les prémisses de réussite de certaines initiatives nationales dans les pays du Maghreb sont encourageantes et permettent de pressentir un développement imminent de la valorisation des déchets organiques pour le laitier plus particulièrement.

La valorisation consiste dans le réemploi, le recyclage ou toutes autres actions visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie. Cette valorisation peut prendre plusieurs formes: organique, matière et énergétique.

De là, l'objectif de ce travail est d'étudier les caractéristiques des effluents du secteur agroalimentaire ; une unité de production de lait et de produits laitiers, situés dans la ville de Ghardaia, afin de donner un exemple du type et du degré de pollution générée par ce secteur d'activité.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thématique de recherche développée au sein de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, sur le traitement et valorisation énergétique des déchets et le suivi de l'évolution et les transformations de ces déchets au cours des traitements aérobies.

Le présent travail s'intéresse à l'étude des caractéristiques biochimique et physico-chimique du lactosérum issu de la laitière Alouani avant et après le traitement chimique.

# Rappels bibliographiques

## 1. Déches, effluents et pollutions

### 1.1. Impacte sur l'environnement:

Les déchets peuvent être abordés de manière différente en fonction de leurs propriétés. Leur classification peut notamment se faire en fonction de leur état physique (solide, liquide, gazeux), de leur provenance (déchets ménagers, déchets industriels, déchets agricoles), de leur traitement (primaires, secondaires, ultimes) ou encore de leur dangerosité (déchets inertes, déchets banals, déchets spéciaux) (Rev : Déchet et la santé, 2011).

Certains phénomènes peuvent néanmoins être mesurés et suivis tels que les émissions de gaz à effet de serre, les émissions d'odeurs, les rejets de substances toxiques dans l'eau, la pollution des sols, le bruit, la production et le traitement des déchets industriels. Des mesures de prévention telles que celle des épisodes de pollution à l'ozone peuvent parfois en découler. Leurs effets sur la santé humaine et sur les écosystèmes sont de plus en plus complexes à évaluer (Frédéric Berly et al., 2007).

L'utilisation inconsidérée des ressources et l'élimination des déchets dans l'environnement contribuent à la dégradation du milieu (Partricien Wilden, 2008).

Saviez-vous que, chaque année, il existe 32 milliards de mégots de cigarettes qui sont jetés par terre. Si on les alignait bout-à-bout, ils feraient 23 fois le tour de la terre. Et à travers le monde, les matières plastiques tuent chaque année jusqu'à un million d'oiseaux de mer, 100 000 mammifères sous-marins et une quantité innombrable de poissons, etc. (Partricien Wilden, 2008).

La réutilisation de l'effluent permet de diminuer les rejets (Nicolas Plumey et al., 2003). De façon générale, de nombreuses activités industrielles génèrent des effluents et des déchets qui doivent être traités. Certaines industries produisent des résidus avec une forte teneur en matière organique, notamment les industries agricoles et alimentaires (Bibiana CERCADO QUEZADA, 2009).

### 1.2. Les caractéristiques des effluents des industries agro-alimentaires :

Les effluents des industries agro-alimentaires sont majoritairement constitués de :

- **Polluants organiques** : dans le milieu récepteur la matière organique est dégradée par des organismes vivants consommateurs d'oxygène. Si la matière organique est présente en quantité trop importante, le milieu ne sera plus suffisamment oxygéné, détruisant de ce fait la faune (Nolwenn LE GAC, 2006).

- **Polluants azotés** : les industries rejettent des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et de l'ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ). L'azote est un élément fondamental qui entre dans la constitution de la matière vivante, c'est un élément nutritif. S'il est présent en quantité trop importante dans le cours d'eau, les organismes, comme les algues et les plantes vont se développer de façon excessive. Ceci entraîne une eutrophisation du cours d'eau provoquant une surconsommation d'oxygène et une diminution de la pénétration de la lumière. Cela s'avère également néfaste pour la vie aquatique. Par ailleurs, un surplus de nitrate peut être problématique pour le prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine, il peut, présenter un risque pour la santé (Nolwenn LE GAC, 2006).
  
- **Polluants phosphorés** : le phosphore est également un agent de prolifération des algues entraînant des conséquences écologiques identiques à celles de l'azote (Nolwenn LE GAC, 2006).

### 1.3. Les caractéristiques des effluents des industries laitières:

Les industries agroalimentaires en général et les laiteries en particulier sont parmi les plus exigeantes en quantité et en qualité d'eau utilisée ; elles sont considérées comme les plus polluantes pour le milieu récepteur car elles consomment non seulement de grands volumes d'eau mais elles en rejettent aussi une grande partie très riche en micro-organismes et en matière organique (Samira ETAHIRI et al., 2006).

Les effluents laitiers ont une composition très variable en fonction du type d'activité de l'unité laitière. Le traitement de ces effluents par voie biologique génère deux produits : l'eau épurée et un déchet appelé boue en excès ou boue résiduaire. Ces boues sont très riches en éléments fertilisants issus de la minéralisation de la matière organique (la teneur en matière organique contenue dans une tonne de matière sèche de boues est de même ordre de grandeur que celle du fumier ce qui constitue un amendement pour les cultures, d'autre part la présence d'importante concentration d'azote et de phosphore en fait un produit intéressant à valoriser dans le domaine agricole (Samira ETAHIRI et al., 2006).

La production laitière a connu un saut appréciable ces dernières années, elle est passée de 475 millions de litres en 1970 à environ 1,2 milliards de litres en 2000. Avec un taux d'accroissement annuel variant de 3 à 7%, on peut estimer la production à 1,5 milliards de litres pour l'année 2005 (Samira ETAHIRI et al., 2006).

#### **1.4. Les effets des effluents :**

##### **1.4.1. L'influence sur l'environnement :**

L'élimination inconsidérée des déchets a pour conséquence la contamination de l'air, de l'eau et du sol. Les déchets organiques et d'origine animale qui ne sont pas éliminés de façon judicieuse peuvent polluer les cours d'eau résultant dans la contamination de l'eau potable, la prolifération algale et causant des dégâts à la flore et à la vie animale.

D'autres types de déchets peuvent prendre des années à se décomposer, tel que :

- **Les pelures d'oranges et de bananes** (jusqu'à deux ans),
- **Le cuir** (jusqu'à 50 ans),
- **Les bouteilles en plastique** (indéfiniment), etc.. (Partricien Wilden, 2008).

##### **1.4.2. L'influence sur la santé :**

Les conditions écologiques qui se détériorent sont une des causes principales des problèmes de santé et de mauvaise qualité de vie des gens. Les déchets organiques jetés par terre et laissés à pourrir dans les rues sont une sérieuse menace à la santé car ils attirent les rats et autres porteurs de maladies. Des cours d'eau pollués rendent les communautés vulnérables aux maladies hydriques. La contamination des sols peut réduire leur viabilité pour les besoins de la production alimentaire. Les substances toxiques rejetées dans l'atmosphère contribuent à la pollution de l'air et à l'incidence accrue des maladies respiratoires chez les gens, en particulier dans les zones urbaines.

De plus, les objets tels que le verre peuvent présenter un danger à la sécurité tout autant des gens que des animaux (Partricien Wilden, 2008).

##### **1.4.3. L'influences économiques :**

De mauvaises conditions écologiques peuvent affecter l'économie de plusieurs façons, y compris une diminution de la production alimentaire, une mauvaise santé humaine et animale et la réduction du potentiel touristique. L'utilisation incompétente des ressources affecte l'efficacité économique et la capacité de produire les denrées alimentaires et de consommation courante nécessaires aux besoins des populations croissantes (Partricien Wilden, 2008).

#### **1.5. Les effluents de l'industrie laitières :**

- Les Eaux Blanches (EB) : Elles proviennent du nettoyage des équipements de traite en contact direct avec le lait.
- Les Eaux Vertes (EV) : sont les effluents issus du lavage du sol et des murs de la salle de traite.

- Les Eaux Brunes (EBr) : Elles proviennent du ruissellement des déjections (urine, fèces) diluées par les eaux pluviales.
- Le Lactosérum (Ls): est un résidu des processus de transformations du lait en fromage (sous-produit du caillage du lait) (Soraya CASTILLO de CAMPINS, 2005).

### **1.5.1. Rejet de lactosérum :**

Les effluents produits par l'industrie fromagère sont caractérisés par leur volume et leur charge polluante élevés. Bien qu'il existe des possibilités de valorisation du lactosérum, approximativement la moitié de la production mondiale n'est pas exploitée mais rejetée comme effluents, ce qui constitue une perte importante de matière alimentaire. Dans ces conditions le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique. Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm. Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux.

En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous. (ABLDI NABIL, 2009).

## **2. Le lactosérum**

### **2.1. Définition :**

Le lactosérum est un sous-produit de la fromagerie et de la caséinerie, c'est liquide surnageant jaune verdâtre, son pH compris entre 5 et 6,5. Il représente près de 90% du lait mis en œuvre (Boudjema Khaled, 2008).

Le sérum représente 80 à 90 % du volume total de lait entrant dans le procédé. Il contient environ 50 % des nutriments du lait de départ (Abidi Nabil, 2009). Il constitue 20% des protéines du lait (LAHOUEL Nacéra, 2010).

### **2.2. Composition du lactosérum :**

Le tableau ci-dessous présente les chiffres approximatifs de la composition des sous-produits issus de la fabrication du fromage et de la caséine (Valérie JACQUET VIOLLEAU, 1999)(Tableau 1).

### **2.3. Les différents types de lactosérum :**

Selon le type de fromage ou de caséine produit et donc la coagulation employée acide, pression ou mixte (Boudjema Khaled, 2008). Et Selon l'acidité Dornic ( $1^{\circ}D = 0,1$  g d'acide lactique par litre de produit) inférieure ou supérieure à 1.8 g d'acide lactique par litre on peut distinguer deux types de sérum (Benaouida Karima, 2008) (Tableau 2).

- Le lactosérum doux.
- Le lactosérum acide.

### **2.4. Les facteurs qui influencent la qualité du lactosérum :**

- ✓ Les facteurs technologiques:
  - La température et la dose d'ensemencement.
  - La qualité du caillé sur lequel le lactosérum est prélevé.
  - Le moment de prélèvement du lactosérum.
  - La conservation du lactosérum.
- ✓ La contamination du lait:
  - Flore originelle du lait (mamelle et machine à traire).
  - Ambiance du lieu de traite et de la fromagerie (a.chafchafi, 2004).

**Tableau 1** : Composition type (en g/ l) de lactosérum acide et doux (Valérie JACQUET VIOLLEAU, 1999).

	Lactosérum doux	Lactosérum acide
<b>Matière sèche</b>	71	65,8
<b>Matières grasses</b>	2,0	0,4
<b>Lactose</b>	49,0	44,0
<b>Azote non protéique</b>	0,5	0,2
<b>Protéines</b>	8,0	7,0
<b>Acide lactique</b>	2,0	5,0
<b>Acide citrique</b>	1,3	0,3
<b>Minéraux</b>	5,0	8,0
<b>Dont</b> <b>phosphore</b>	0,41	0,65
<b>(entre autre) calcium</b>	0,47	1,25
<b>Potassium</b>	1,45	1,48
<b>Sodium</b>	0,5	0,53
<b>Chlorures</b>	2,19	2,09

**Tableau 2 :** Différents types de lactosérum (BOUCHERIT Zeyneb, 2011).

Degré d'acidité	Type	pH	Production
< 18° D	Lactosérum doux	6,5 - 6,7	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Fromagerie à pâte pressée.</li><li>▪ Fromagerie à pâte cuite.</li><li>▪ Caséinerie présure.</li></ul>
> 18° D	Lactosérum acide	4,5 - 5	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Fromagerie à pâte fraîche.</li><li>▪ Fromagerie à pâte molle.</li><li>▪ Caséinerie acide.</li></ul>

## **2.5. Les propriétés fonctionnelles du lactosérum:**

De façon générale, les propriétés fonctionnelles réfèrent aux propriétés physicochimiques des protéines et peptides qui permettent ultimement la formation des produits alimentaires ou qui confèrent à ces derniers certaines propriétés physiques (structure, apparence, texture, stabilité) (de Wit, 1989; Morr et Ha, 1993; de Wit, 1998).

Si on classe les propriétés fonctionnelles du lactosérum en fonction de la nature des liaisons entretenues, on obtient principalement les catégories suivantes :

- la solubilité,
- la propriété hydrophile et la viscosité,
- la gélification,
- la propriété émulsifiante,
- le fouettage, le moussage et l'aération,
- le goût. (Anne Woo, 2002)

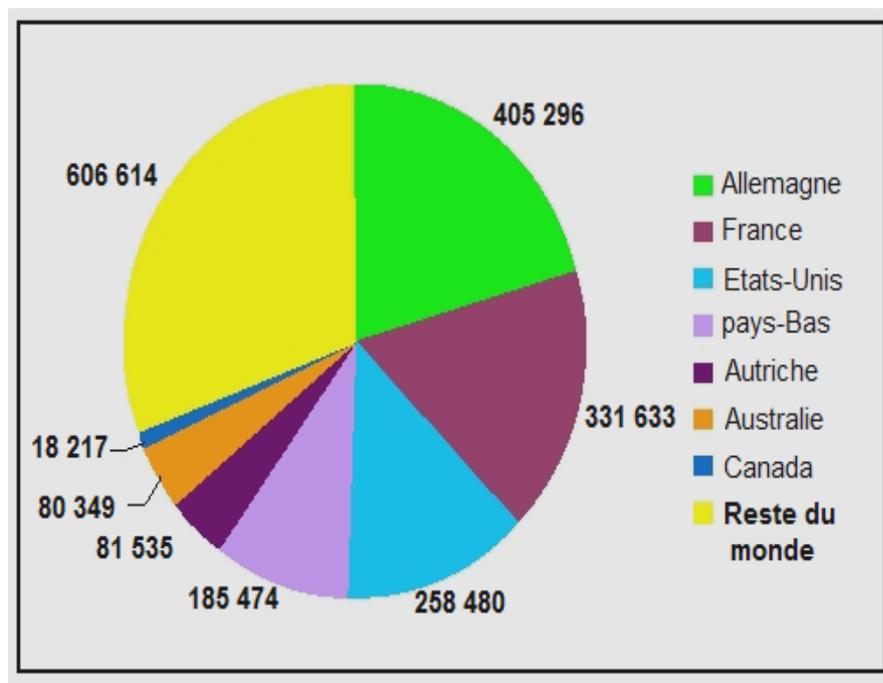
## **2.6. Principaux producteurs de lactosérum :**

### ➤ **Principaux exportateurs de lactosérum en 2005 :**

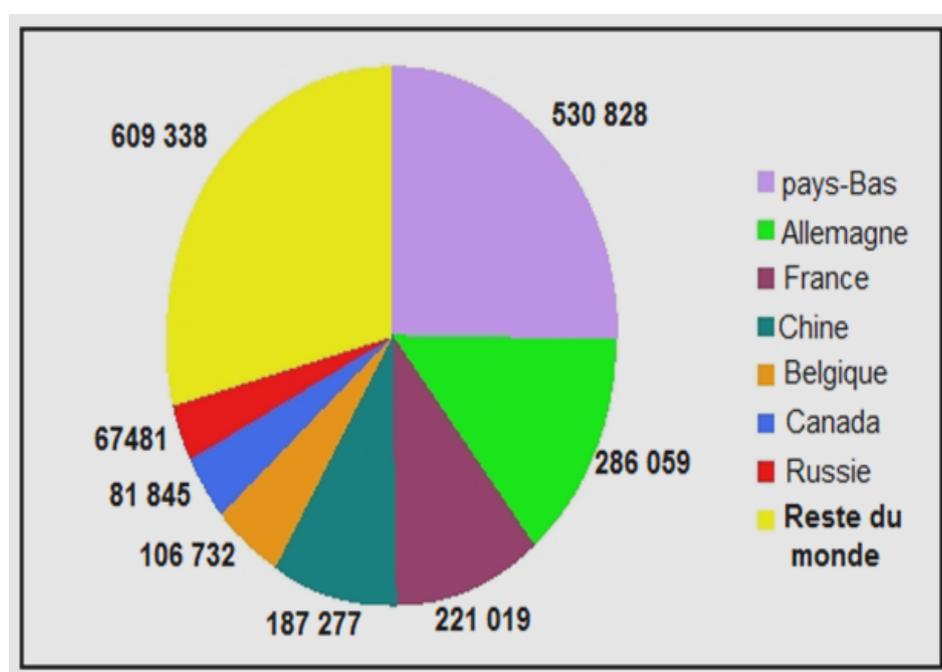
En 2005, les principaux exportateurs de lactosérum dans le monde étaient l'Allemagne, la France, les États-Unis et les Pays-Bas, comme l'illustre la figure 3 ci-après. Par région, l'UE-25 était le plus grand exportateur, soit 79 % des exportations totales dans le monde en 2005 (Nancy McDonald, 2007)(Figure 1).

### ➤ **Principaux importateurs de lactosérum en 2005 (tonnes) :**

En 2005, les plus gros importateurs de lactosérum dans le monde ont été les Pays-Bas, l'Allemagne, la France, la Chine et la Belgique (Nancy McDonald, 2007) (Figure 2).



**Figure 1** : Principaux exportateurs de lactosérum en 2005 tonnes(Nancy McDonald, 2007).



**Figure 2 :** Principaux importateurs de lactosérum en 2005 tonnes(Nancy McDonald, 2007).

## **2.7.Traitements en vue de la valorisation du lactosérum:**

La séparation des fractions protéiques, minérales et lactoses ouvre des perspectives dans la valorisation individuelle des constituants du lactosérum (Valérie JACQUET VIOLLEAU, 1999).

Le diagramme illustré dans la figure 3, résume les différents procédés- utilisés dans le traitement du lactosérum et montre les produits finis obtenus (Samira Roufik, 2001).

## **2.8.Valorisation du lactosérum :**

La mise au point de procédés de traitement et de valorisation est devenue impérative depuis les années 70. La production mondiale de lactosérum, en augmentation constante, était de 150 millions de tonnes en 1997 (Valérie JACQUET VIOLLEAU, 1999).

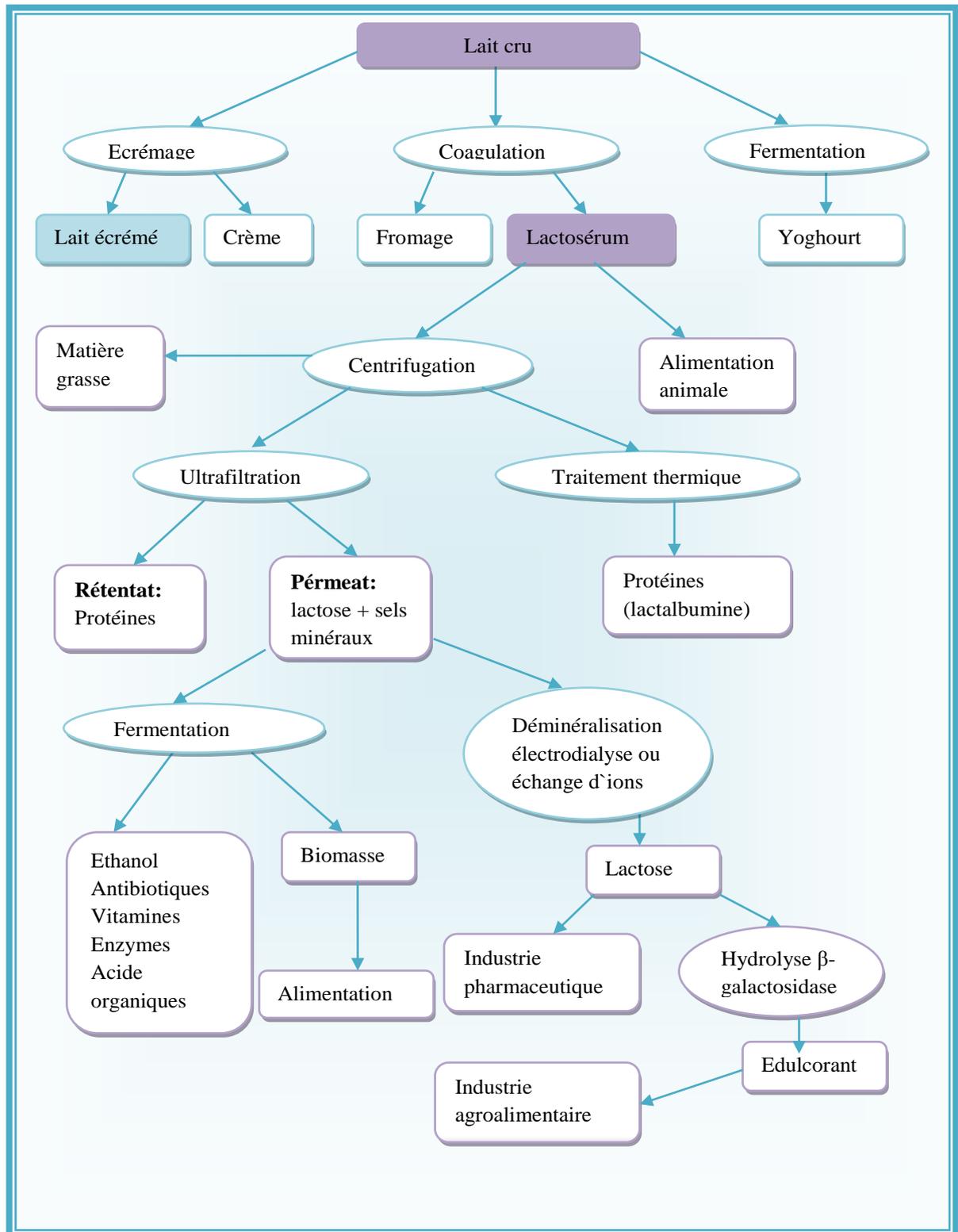
Avec les progrès des sciences on a ré-estimé la valeur nutritive de ce sous-produit qui a souffert autrefois d'un discrédit injustifié. Son utilisation s'étale sur différents domaines (BOUCHERIT Zeyneb, 2011) :

### **2.8.1. la valorisation énergétique du lactosérum :**

#### **➤ La production de bioéthanol :**

Qu'ils soient d'origine agricole ou agroindustrielle, leur valorisation offre un double avantage: - résoudre un problème de traitement des déchets.

- permettre de produire de la bioénergie et des substances à forte valeur ajoutée sans recourir aux ressources alimentaires disponibles (TEBBOUCHE Latifa , 2012).



**Figure 3:**Diagramme les différents traitements du lactosérum établi par (Jan PROOT, 2001) et (Ir Pierre MAQUET 2012) (était modifié).

➤ **La production de biogaz :**

La digestion anaérobie ou méthanisation consiste à transformer les matières organiques (sucres, protéines et graisses) en l'absence d'oxygène pour produire du biogaz, c'est à dire un mélange de méthane et de gaz carbonique. La transformation est réalisée par un ensemble de bactéries anaérobies (Hélène Fruteau et al., 2004).

Le biogaz se prête, éventuellement après épuration, à toutes les applications du gaz naturel:

- ✓ utilisation en chaudière.
- ✓ valorisation électrique et thermique par cogénération.
- ✓ injection dans le réseau de gaz naturel, après une épuration en fonction du type de réseau.
- ✓ utilisation, après épuration, comme carburant dans tout véhicule fonctionnent au gaz naturel (Hélène Fruteau et al., 2004).

**2.9. Les domaines d'exploitation du lactosérum :**

➤ **Nutrition humaine :**

Les entreprises de développement et de préparation de produits alimentaires utilisent les constituants de lactosérum dans les aliments, boissons (Anne Woo, 2002), et les produits de confiserie (Boudjemakhaled, 2008), en raison de leurs propriétés (Anne Woo, 2002). La poudre constitue une matière première pour l'industrie alimentaire (Boudjemakhaled, 2008).

De plus, il est utilisé pour les régimes pauvres en protéines, en alimentation de soutien, pour les sportifs, les personnes âgées, etc. (Benouida Karima, 2008) (Tableau 3).

➤ **Alimentation animale :**

Le lactosérum peut également être déshydraté et se présenter sous forme de poudre, en particulier lorsque utilisé comme matière première dans la fabrication des aliments des animaux (Maxime Bélanger, 2010). De porcs ou à défaut de l'élevage laitier (Karine ASSIE, 2004).

**Tableau 3** : Les applications du lactosérum dans la transformation des aliments et boissons (Anne Woo, 2002)(était modifié).

<b>Mode d'action</b>	<b>Produits alimentaires</b>
<b>Les protéines fixent/ encapsulent l'eau</b>	Viandes, boissons, pains, gâteaux, saucisses.
<b>Formation et coagulation de matrices de protéines</b>	Vinaigrettes, soupes, coagulation de fromages, produits de boulangerie, sauces, viandes.
<b>Les protéines stabilisent les émulsions de matière grasse.</b>	Saucisses, soupes, gâteaux, vinaigrettes, aliments pour bébé, colorants à café.
<b>Les protéines forment une pellicule stable.</b>	Garnitures de crème fouettée, gâteaux mousseline, desserts.
<b>Le lactose subit une réaction de caramélisation.</b>	Produits de confiserie, viandes cuites au four à micro-ondes, sauces, pains, produits de boulangerie, soupes, produits laitiers.

➤ **Pharmaceutique :**

Les nouvelles fractions de protéines dérivées du lactosérum (comme l'alpha-lactalbumine, la lactoferrine, le lactoperoxydase et les peptides) suscitent l'intérêt mondial en raison de leurs propriétés bioactives et nutraceutiques. Certaines fractions peuvent maintenant être utilisées comme antibiotiques, agents de conservation naturels et agents immunitaires (Anne Woo 2002).

➤ **Médical :**

Actuellement, les scientifiques évaluent les effets bénéfiques des fractions de protéines de lactosérum. L'utilisation de ces fractions est efficace contre les maladies du cœur (réduction du cholestérol et de la tension artérielle), les ulcères, les cancers, des malades diabétiques ou des sujets souffrant de mal nutrition, etc..(Benouida Karima, 2008).

➤ **Biotechnologique :**

En biotechnologie, le lactosérum par sa composition biochimique possède d'intéressantes propriétés comme milieu de fermentation pour plusieurs microorganismes assimilant le lactose comme source de carbone et d'énergies (Benouida Karima, 2008).

### 3. Hydrolyse :

L'hydrolyse est une approche alternative pour réhabiliter les co-produits et qui permet d'obtenir à partir de ceux-ci des produits pouvant présenter de nouvelles propriétés fonctionnelles et/ou biologiques (Martine Rebstein ,2011).

#### 3.1.Définition d'hydrolyse:

Le terme hydrolyse signifie la rupture d'une liaison par réaction avec l'eau (hydro : eau;-lyse : coupure).la réaction d'hydrolyse est donc la réaction inverse de la condensation (Martine Rebstein ,2011).

#### 3.2.L'effet d'hydrolyse :

L'hydrolyse est un mécanisme catabolique au cours duquel des molécules organiques complexes (glucides, lipides et protéines) sont dissociées en des formes plus simples qui pourront être facilement absorbées et assimilées. Au cours de ce processus de décomposition, les liaisons chimiques sont rompues par l'addition d'ions H<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup>(molécule d'eau dissociée en ions) sur des composés intermédiaires de la réaction .la digestion de l'amidon et des disaccharides en monosaccharides, des protéines en acide aminés et des lipides en acides gras et en glycérol sont des exemples de réaction d'hydrolyse (William D McArdle et al.,2004).

#### 3.3. La réaction d'hydrolyse :

La réaction suivante représente la forme générale des réactions d'hydrolyse (William D McArdle et al., 2004) :



La molécule d'eau ajoutée à la substance AB provoque la rupture de la liaison chimique reliant A et B et le transforme en produits de dégradations A-H (ou' H représente l'atome d'hydrogène contenu dans la molécule d'eau) et B-OH (ou' OH représente le groupement hydroxyle restant de la molécule d'eau) (William D McArdle et al.,2004).

#### 3.4. Type d'hydrolyse :

Il existe deux grands types d'hydrolyse : l'hydrolyse chimique par des acides ou des bases et l'hydrolyse biochimique par des enzymes.

La plus communément utilisée est l'hydrolyse acide, dans laquelle, en théorie, n'importe quel acide pourrait être utilisé (Thibaud SAUVAGEON, 2012).

### **3.4.1. Hydrolyse biochimique :**

Caractères des catalyseurs biochimiques. Les catalyseurs élaborés par la matière vivante portent, d'une façon générale, le nom de fennents solubles, diastases ou enzymes; ceux qui accélèrent des réactions hydrolytiques sont appelés hydrolases, (Maurice BOUR Y ,1960).

#### **3.4.1.1. Hydrolyse enzymatique :**

Il existe de très nombreux micro-organismes produisant les enzymes susceptibles d'hydrolyser (Antoine LONGIERAS ,2005). Pour les disaccharides, les enzymes impliquées sont les lactases (qui hydrolysent le lactose), les saccharases (pour le saccharose) et les maltases (pour le maltose). Pour les lipides, les enzymes (lipases) dégradent les molécules de triglycéride par addition de molécule d'eau en clivant les acides gras de la molécule de glycérol à laquelle ils étaient liés. Au cours de la digestion des protéines, les protéases activent la libération des acides aminés en rompant les liaisons peptidiques en présence d'eau (William D McArdle et al., 2004).

Les caractéristiques d'un hydrolysats enzymatique de protéines sont fonction de la spécificité de l'enzyme utilisée, de la nature du substrat, du degré de dénaturation de la protéine, du ratio enzyme : substrat, du pH réactionnel, de la force ionique du milieu, de la température réactionnelle, de la présence ou de l'absence d'inhibiteurs et /ou d'activateurs dans le milieu et du degré d'hydrolyse des protéines (Josée L'Heureux, 1999).

Comme l' $\alpha$ -lactalbumine, la  $\beta$ -lactoglobuline est une holoprotéine, de faible poids moléculaire et donc, facilement, hydrolysé par les enzymes digestifs (Pierre Jouan, 2002). La digestion du lactose nécessite une enzyme, la lactase ou  $\beta$ -galactosidase, présent à la naissance dans l'intestin (Marlène Frénotet al., 2001).

### **3.4.2. Hydrolyse chimique :**

L'hydrolyse chimique peut avoir lieu en milieu basique ou être catalysée en milieu acide (Antoine LONGIERAS, 2005).

#### **3.4.2.1. L'hydrolyse acide :**

Selon Oliva (2003), l'hydrolyse acide est le procédé le plus étudié dans le cadre de la production d'éthanol. Déjà connu dans les années 1820, il a connu une explosion durant le Seconde Guerre Mondiale.

L'hydrolyse acide consiste en une réaction chimique utilisant des catalyseurs acides comme l'acide chlorhydrique, sulfurique, phosphorique, nitrique ou formique, les acides chlorhydrique et sulfurique étant les seuls à être utilisés à échelle industrielle leur toxicité et leur corrosivité les rendent dangereux et obligent à utiliser des réacteurs fortement résistants à la corrosion. De plus, les acides doivent être récupérés à la fin de la réaction pour que le procédé soit plus viable d'un point de vue environnemental et économique (Thibaud SAUVAGEON, 2012).

On note que deux types d'hydrolyse acide existent : l'hydrolyse acide diluée et l'hydrolyse acide concentrée (Thibaud SAUVAGEON, 2012).

#### **3.4.2.1.1. Acide sulfurique :**

L'acide sulfurique semble avoir été connu dès le Moyen - Age. La première référence à l'acide sulfurique peut être attribuée à Jabir Ibn Hayan au VIII<sup>e</sup> siècle. L'acide sulfurique a souvent été considéré comme un indicateur de l'activité industrielle, (Souheila TOUATI, 2012).

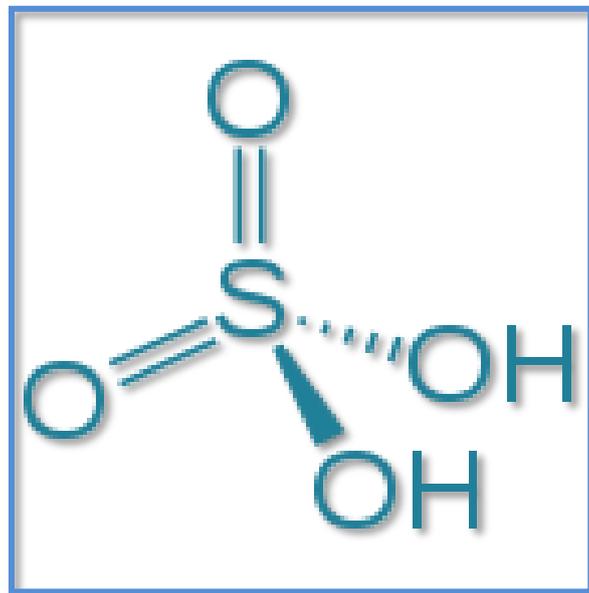
##### **➤ Définition :**

L'acide sulfurique (Figure 4) est un acide minéral fort, un liquide incolore, inodore, corrosif, dense et épais à température ambiante, de formule  $H_2SO_4$ . (Souheila TOUATI, 2012). Acide fort à une haute concentration d'acide dans l'eau, l'échelle de pH n'est pas applicable (Musthusha, 2012).

##### **➤ Dénomination :**

L'acide sulfurique peut également s'appeler :

- Trioxyde de soufre (sous sa forme solide).
- Oléum (acide sulfurique anhydre saturé en trioxyde de soufre).
- Acide sulfurique (sous sa forme liquide aqueuse).
- Vitriol ou huile de vitriol (en raison de son aspect vitreux).
- « Acide de batterie »
- Sulfate de dihydrogène (Rev : prise en charge des projections chimiques oculaires et cutanées, 2009).



**Figure 4:**Structure de l'acide sulfurique(Souheila TOUATI, 2012).

➤ **Utilisations :**

L'acide sulfurique est utilisé pour la fabrication d'engrais, de textiles, en chimie de synthèse, pour la fabrication de détergents, de colorants, d'explosifs, de papier, d'accumulateurs, dans le traitement de surface ou la pétrochimie, etc.. (Rev : prise en charge des projections chimiques oculaires et cutanées, 2009).

Les divers usages de l'acide sulfurique en font un des produits essentiels de l'industrie chimique (Souheila TOUATI, 2012).

# Matériels et méthodes

## **Matériels et méthodes**

Les rejets liquides étudiés proviennent d'une unité de production de lait et de produits Laitiers située dans le quartier de Belghanem de la ville de Ghardaia et qui est le premier producteur de son secteur dans la wilaya.

L'unité est une structure moderne pouvant produire 2160000 litres/ans du lait, bien que le rejet quotidien du lactosérum se situe normalement entre 500 et 1000 litres/jours.

La période de production s'étale sur 12 mois par an et varie substantiellement selon les saisons et la situation économique globale. Elle utilise des équipements en acier modernes et inoxydables et applique des mesures rigoureuses de contrôle de qualité afin de toujours assurer une bonne qualité.

La laiterie transforme le lait en un diène de produits laitiers différents, dont le lait pasteurisé, lait pasteurisé fermenté, Iben, yaourts, beurre pasteurisé, la crème, le beurre, le, le fromage (Kamarria)

Le lait de vache représente la plus grande partie de la production et sert à la fabrication de la plupart des produits. Le lait de chameau et le lait de chèvre sont transformés uniquement en lait frais pasteurisé et en. C'est le marché qui décide de ce qui peut être produit

Concernant son intervention sur le marché, l'unité répond prioritairement aux besoins de la population locale, où ses produits sont vendus dans les grandes surfaces.

Des prélèvements ont été réalisés conformément aux normes. Des échantillons du lactosérum ont été prélevés et transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire de biomasse, Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables Ghardaia. Des mesures directes (température, pH, conductivité électrique) ont été effectuées.

Des analyses physico-chimiques des effluents liquides étudiés ont été réalisées au Laboratoire de biomasse à l'exception de l'analyse biochimiques qui ont été réalisées au Laboratoire de contrôle de qualité du lait, d'Institute National spécialisée en Formation Professionnelle Mohamed Cherif Messaadia(INSFP) Ghardaia.

**1. Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques :**

- ✓ Verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles, pipettes graduées, tube à essais, burettes, Butyromètres, entonnoirs, verre de montre...).
- ✓ PH mètre.
- ✓ Pompe à vide.
- ✓ Centrifugeuse.
- ✓ Bain marie memmert.
- ✓ Balance analytique à affichage.
- ✓ Agitateur magnétique numérique chauffant.

**2. Matériel utilisé pour les analyses biochimique :**

- ✓ verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles, pipettes graduées, tube à essais, Butyromètres, burettes, entonnoirs,...).
- ✓ L`analyseur de lait : LACTOSTER.
- ✓ Centrifugeuse GERBER.
- ✓ Conductimètre.

**3. Produits chimique et réactifs :**

Les différents produits chimiques et réactifs utilisés pour les traitements de lactosérum sont :

- ✓  $H_2SO_4$ , l'acide sulfurique, différent concentration : 0,5mol/L et 1,82mol/L.
- ✓ Alcool isoamylique (3-methyl-1-butanol).
- ✓ NaOH, L'hydroxyde de sodium, 1mol/L.
- ✓ Solution tampons, PH=7,01.
- ✓ Solution basique.
- ✓ Solution acide
- ✓ Eau distillé.

#### 4. Lactosérum :

Le lactosérum qui a été apporté de la laiterie Alouani de la région de Ghardaïa, Ce produit provient de la fabrication de fromage .Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en plastique transportés dans une glacière immédiatement acheminé vers le laboratoire de biomasse à l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables., puis conservés à 4°C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

#### 5. Analyse du lactosérum :

##### 5.1. Caractérisation physico-chimiques :

Dont le but d'évaluer la qualité physico-chimique de lactosérum nous allons procéder aux analyses suivantes :

##### 5.1.1. Mesure du pH:

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrique avec électrode combinée. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique.

➤ **Principe de mesure:**

Le principe consiste à la mesure de la différence de potentiel entre une mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrode combiné.

Le PH est déterminé directement, s'effectue par une lecture directe en utilisant un PH-mètre préalablement étalonné avec une solution tampon pH = 7,01 puis et ce après avoir placé l'électrode dans un bêcher contenant du lactosérum à analyser. Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre.

##### 5.1.2. Mesure de la conductivité:

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.

➤ **Principe :**

Le principe consiste à la mesure la conductance  $G$  (en S ou  $\Omega^{-1}$ ) de la solution entre les 2 plaques. S'effectue en immergeant dans la solution une cellule de mesure comportant deux électrodes de platine.

## 5.2. Caractérisation biochimiques:

### 5.2.1 Analyse biochimiques de lactosérum :

Dans cette partie du travail, nous allons nous intéresser plus particulièrement aux Caractéristiques biochimiques du lactosérum, pour mener cette étude, on a choisi d'utiliser un instrument plus évolué.

Analyseur de lait et ses dérivé lactostar de type Funke Gerber. **Figure (5)** : Appareil d'analyse du lait et ses dérivés avec nettoyage, rinçage et calibrage du point zéro complètement automatiques pour analyser le lait rapidement et avec précision.

Lactostar est un appareil nouvellement d'analyse du lait et les produits laitiers fermentés comme le petit lait avec nettoyage, rinçage par le produit cleaner ou l'utilisation les trois solutions suivant : (Base, acide puis eau distille), avec un chauffage jusqu'à (40°-45°) et calibrage du point zéro complètement automatiques pour l'analyse rapidement et de façon fiable d'identifier les principaux ingrédients suivants :

- ✓ La Concentration en sels minéraux.
- ✓ le SNG ou SNF (solides non gras).
- ✓ La Concentration en protéines : sont des composantes importantes dissoutes dans le lactosérum à cause de leurs qualités nutritionnelles. Et ont plusieurs propriétés fonctionnelles.
- ✓ La concentration en Matière grasse.
- ✓ La Concentration du lactose : Le sucre principal du lactosérum est le lactose, disaccharide constitué par l'association d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose.

Et les caractéristiques physico-chimique, tel que :

- ✓ La Conductivité à 40°.
- ✓ le point de congélation: Le point de congélation est la température de passage de l'état liquide à l'état solide. C'est l'une des constantes les plus stables du lait. (valeur calculée avec une résolution de 0,001 ° C).

La résolution de la mesure est de 0,01% pour tous les ingrédients.



**Figure (5) :** Lactostar « Funke Gerber ».

### 5.2.2. Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique) :

Nous avons basé sur cette technique pour déterminer la teneur en matière grasse de lactosérum avec l'utilisation de dispositif GERBER qui se compose de : butyromètre et la centrifugeuse GERBER.

#### ➤ Principe de cette méthode:

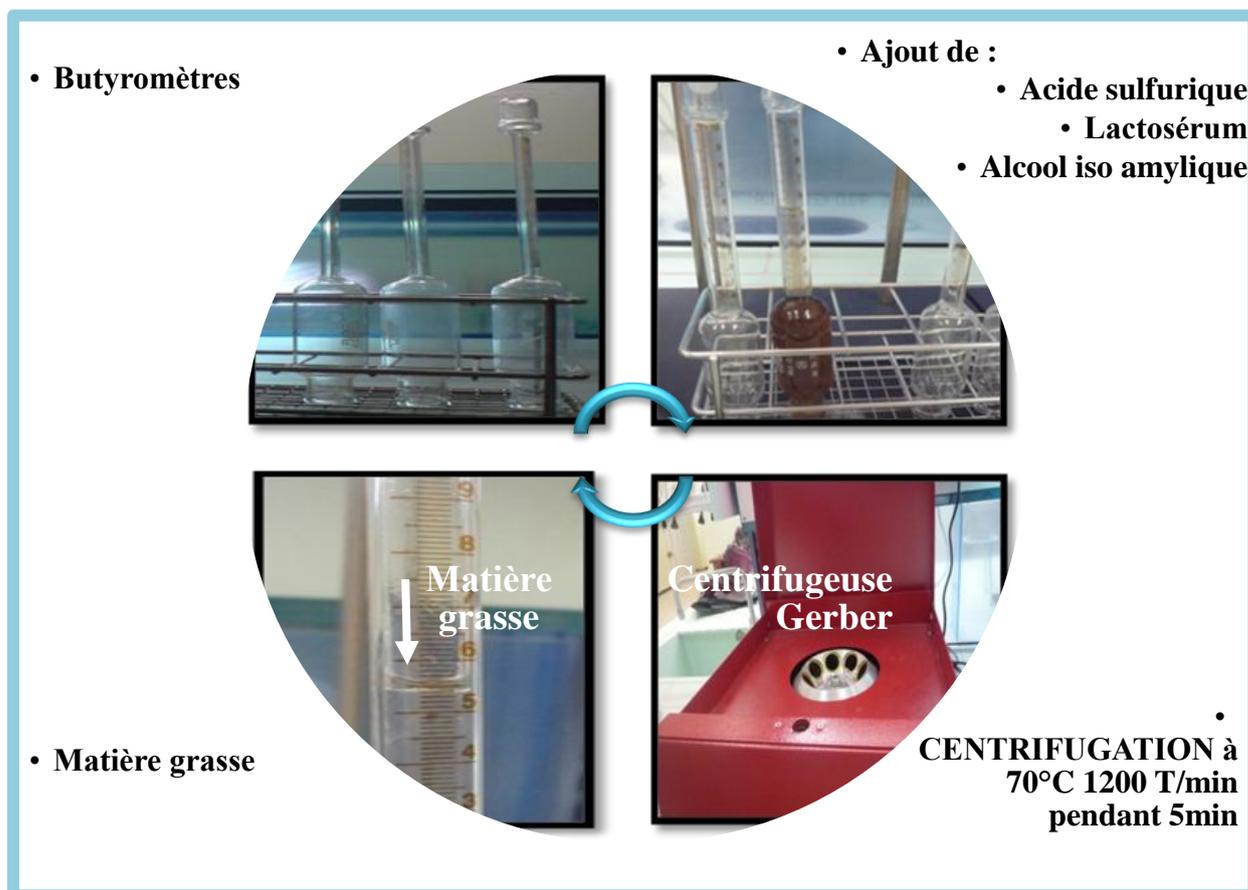
Cette méthode est basée sur la dissolution des éléments tels que des solvants (l'acide sulfurique) dans l'échantillon (lactosérum) à l'aide d'une séparation par centrifugation. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isoamylique (3-méthyl-1-butanol) qui favorise le rassemblement de la matière grasse.

La teneur de la matière grasse est en grammes par litre du lait, par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

#### ➤ Procédé opératoire :

- Dans un butyromètre propre et sec, introduire 10 ml d'acide sulfurique (1,82 mol/L).
- Ajouter 10.75 ml d'échantillon (lactosérum), en mettant le point de pipette GERBER inclinée au contact avec la base du col du butyromètre.
- Laisser couler lentement au début, afin d'éviter un mélange prématuré.
- Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique puis boucher bien le butyromètre avec un bouchon propre et sec.
- Mélanger jusqu'à homogénéisation avant de procéder à la centrifugation (centrifugeuse Gerber) à une vitesse de 1200 tours/minutes pendant 5 minutes à 70°C.
- La lecture se fait directement sur le butyromètre, la teneur en matière grasse du lait exprimée en g/l, (0.1ml → 1g/l).

La technique adoptée est récapitulée dans **la figure (6)** ci dessous.



La figure (6) : le procédé de détermination de la teneur en matière grasse.

## 6. Traitement de lactosérum :

### 6.1. Ecrémage :

Afin d'éliminer la matière grasse, le lactosérum est d'abord écrémé par la centrifugation.

- **Centrifugation :**

On a utilisé la centrifugeuse de marque **HETTICH** pour la séparation de matière grasse.

- **Principe :**

La centrifugation est une technique qui utilise le principe de la force centrifuge, grâce à un mouvement de rotation de centrifugeuse permet de séparer les composants d'une solution.

Les tubes d'échantillons du lactosérum ont placé dans un rotor, lui-même placé dans la cuve, de la centrifugeuse qui permet de séparer la matière grasse et les caséines, de lactosérum. Centrifuger à température ambiante (60 PRM= rotation par minute  $\times$  100) pendant 20min.

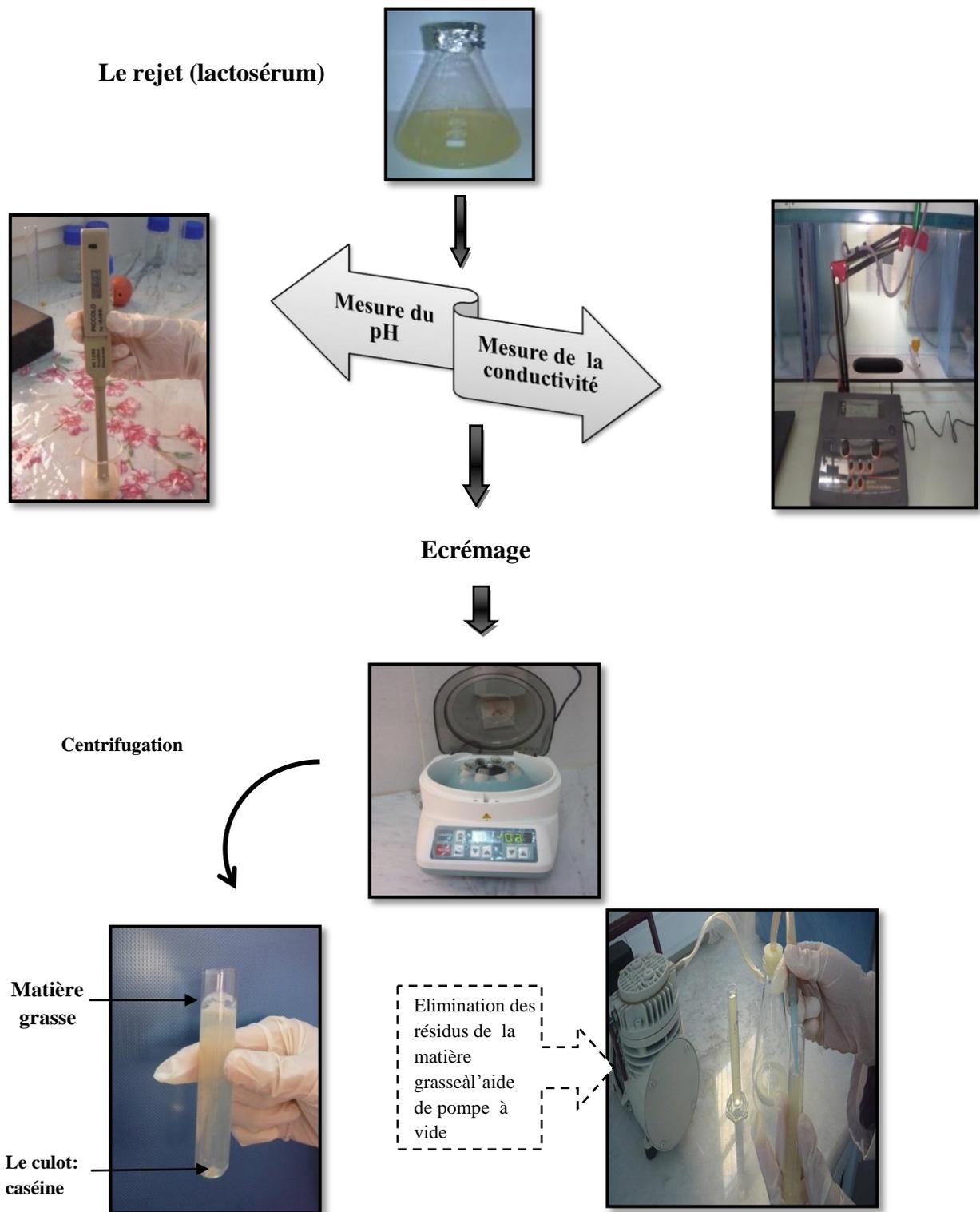
- **Elimination la matière grasse :**

Pour éliminer les résidus de la matière grasse les échantillons du lactosérum esrimé ont été soumis à une pompe à vide.

- **Principe :**

Après centrifugation, à l'aide de pompe à vide, l'air aspire la matière grasse en suspension des échantillons de lactosérum.

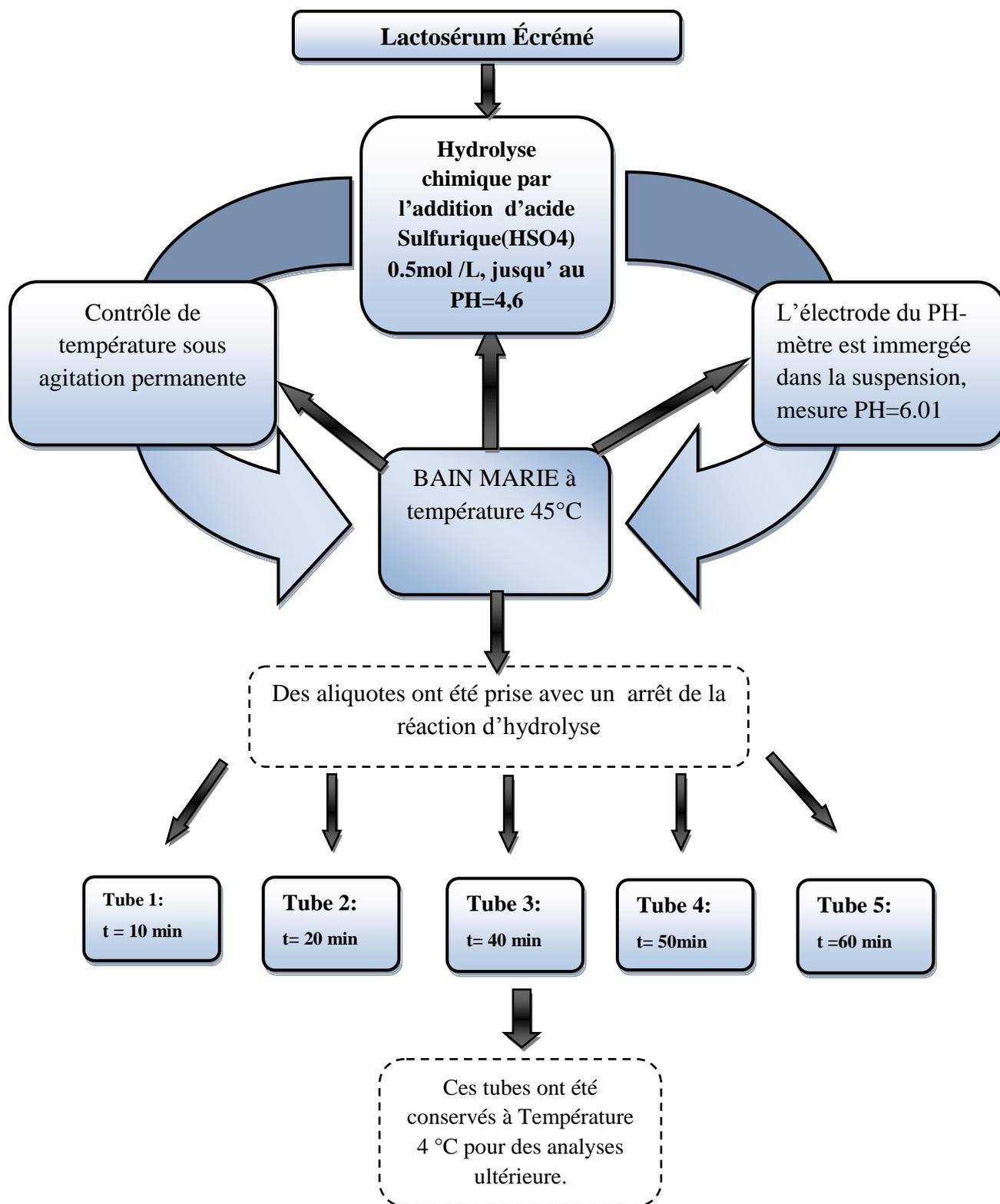
Le schéma ci-dessous présent le traitement de lactosérum



La figure (7) : protocole de traitement de lactosérum

## **6.2.L'hydrolyse par l'acide sulfurique :**

Les échantillons préparés sont traités par l'acide sulfurique. La méthodologie de travail adoptée est récapitulée dans la **figure (8)** comme suit :



La figure (8) : hydrolyse de lactosérum par acide sulfurique.

## 7. Analyse du lactosérum Après une hydrolyse par l'acide sulfurique :

### 7.1 Etude des caractéristiques physico-chimique des hydrolysats de lactosérum :

Le traitement du lactosérum par un acide sulfurique a été effectué, en combinant l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer le traitement (température, Le pH).

Des prélèvements successifs ont été effectués aux temps : Le tableau ci-dessous :

L'évolution des caractéristiques physico-chimiques au cours du traitement a été mesurée :

#### 7.1.1 Mesure du pH des hydrolysats :

Le pH a été mesuré à 18°C au cours du temps avec une sonde de PH-mètre étalonné.

Les tubes	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5
La durée	10 min	20 min	40 min	50 min	60 min

#### 7.1.2 Mesure de conductivité :

Nous avons déterminé la conductivité dans chaque tube durant la durée respectivement au temps : 10min, 20 min, 40 min, 50 min et 60 min.

### 7.2 Analyse biochimique des hydrolysats de lactosérum :

L'analyse biochimique des hydrolysats du lactosérum a été effectuée à l'aide de **lactostar**

#### ➤ Principe de mesure:

LactoStar utilise un échantillon de lactosérum de volume compris entre 12 ml et 20 ml et le fait aspirer dans les cellules de mesure au moyen d'une pompe dans deux unités différentes (un lecteur optique - BlueBox une unité thermique ou valeur - RedBox).

La teneur en matières grasses, ainsi que les SNG sont déterminés en utilisant les effets de mesure thermiques (RedBox). En outre, les protéines, le lactose et les minéraux sont déterminés à l'aide d'une deuxième cellule de mesure qui est équipée de technologies sensorielles d'impédance/turbidité combinées à l'aide de 4 longueurs d'onde optiques différentes (BlueBox). Le point de congélation est calculé sur la base des valeurs mesurées qui sont déterminées. La manipulation est facile et gestion claire pour 5 touches (4 touches fléchées et une touche "Entrer") pilotée par menu.

# Résultats

## 1. Caractérisation physico-chimique de rejet (lactosérum) avant et après le traitement:

Les caractéristiques physico-chimiques de rejet (lactosérum) sont reprises dans le tableau ci-dessous. Qui sont la conductivité, pH et point de congélation.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement et très approximativement la minéralisation globale de rejet. Elle permet d'évaluer la matière en solution à l'état ionique et d'en suivre l'évolution. Elle en fonction de la concentration totale en ion, de leur mobilité, de leur valence et de la température.

De là les résultats du suivi relatif de la conductivité électrique sont comme suite: avant toute traitement : la Conductivité à 18 °C et à 40 °C représente 6,0 mS et 50.91 mS respectivement (**Tableau 4**).

Les résultats montrent une augmentation après le traitement : la Conductivité à 18 °C et à 40 °C représente 8.2 mS et 57.40 mS respectivement (**Tableau5**).

Le potentiel d'Hydrogène (pH). Indice permettant de mesurer l'activité d'ion d'hydrogène dans le lactosérum, qui permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité. Pour déduire s'il s'agit d'un lactosérum acide ou doux.

Les résultats du pH qui ont été obtenu sont comme suite: avant tout traitement est de 6,01 et après le traitement : 4,52.

Le point de congélation indique la température de solidification de lactosérum dans des conditions bien précise.

Les résultats de point de congélation du lactosérum rapporté montre qu'il y a une fluctuation dans les valeurs, passant de -0.523°C jusqu'au-0.433 °C.

**Tableau 4:** Caractéristiques physico-chimiques de rejet (lactosérum) de l'industrie laitier cas (laiterie Alouani).

<b>Rejet</b>	<b>PH</b>	<b>Conductivité à 18 °C</b>	<b>Conductivité à 40 °C</b>	<b>Point de congélation</b>
Lactosérum	6,01	6,0 mS	50.91 mS	-0.523°C

**Tableau 5 :** Effet de traitement chimique sur les caractéristique de lactosérum après 60 min d'hydrolyse à 45 °C.

<b>Rejet</b>	<b>pH</b>	<b>Conductivité à 18 °C</b>	<b>Conductivité à 40°C</b>	<b>Point de congélation</b>
Lactosérum	4,52	8.2 mS	57.40 mS	-0.433 °C

## 2. Caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) avant et après l'hydrolyse:

### 2.1. La caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) avant l'hydrolyse :

Le tableau ci-dessous représente la composition biochimique de sous-produit issu de la fabrication du fromage et de la caséine. Les composants du lactosérum les plus abondants sont le lactose, les protéines solubles, les sels minéraux et Matière grasse.

L'étude de la composition biochimique du lactosérum a donné les chiffres approximatifs représentés dans le (**Tableau 6**). Ce dernier indique que notre rejet (lactosérum) se caractérise par : une forte teneur en matière sèche et en lactose (8.66 % et 4.81 %) respectivement et en faibles teneurs en protéine, sels minéraux et Matière grasse (3.29 %, 1.32 % et 0.32 %) respectivement.

**Tableau 6 :** La composition biochimique de rejet (lactosérum) de l'industrie laitier cas (laiterie Alouani).

<b>Constituants</b>	<b>Témoin (%)</b>
Matière grasse	0.32 %
Protéines	3.29 %
Lactose	4.81 %
Matière sèche non grasse (SnF)	8.66 %
sels minéraux (EMC)	1.32 %

## 2.2. La caractérisation biochimique de rejet (lactosérum) après l'hydrolyse :

Dans cette partie nous allons étudier l'effet d'hydrolyse chimique du lactosérum par l'acide sulfurique sur les paramètres biochimique.

L'hydrolyse chimique de lactosérum nous a permis d'obtenir des courbes de variation de taux des protéines et de lactose qui ont été représentées dans la **Figure (9)**.

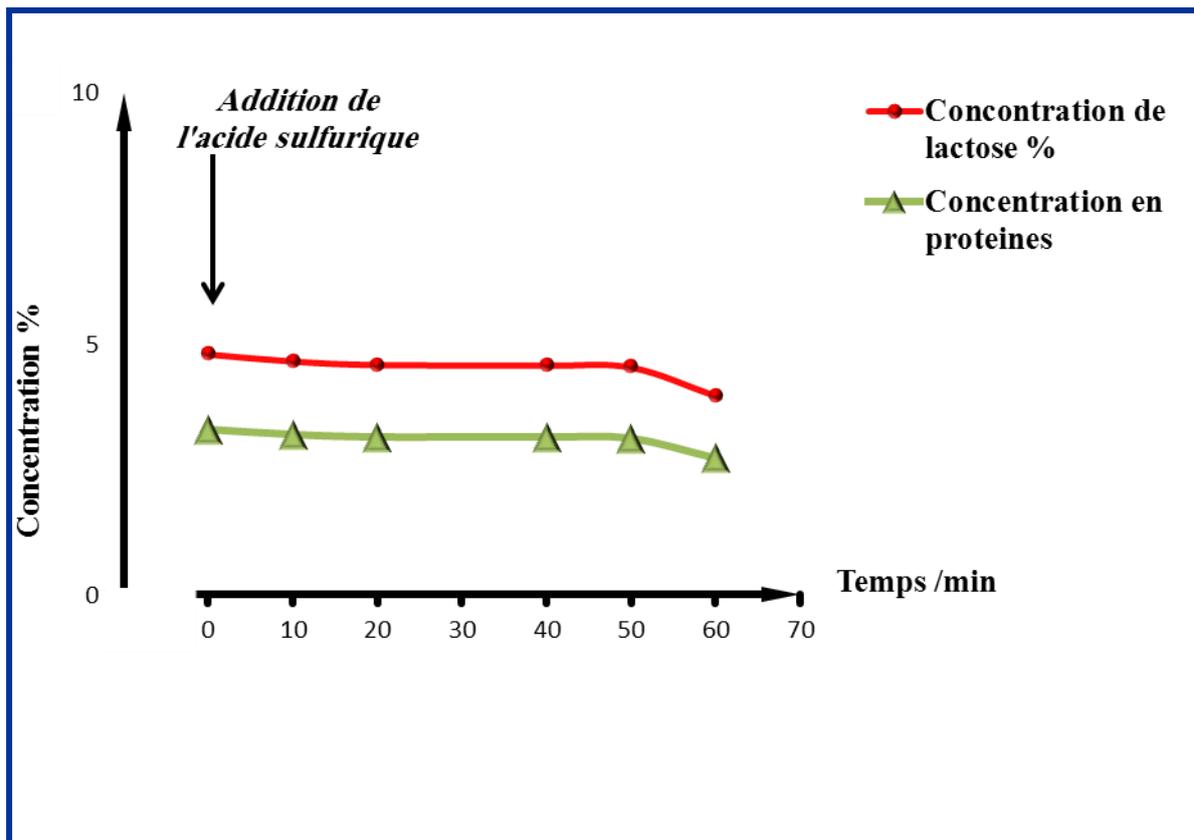
La courbe montre une diminution progressive de taux de protéines pour atteindre 2.72 % à la fin d'hydrolyse. On peut donc distinguer deux zones différentes d'hydrolyse : La première se situe dans l'intervalle zéro et 50 min et qui correspond aux valeurs 3.29 % et 3.11 % respectivement, alors que le deuxième intervalle se situe entre 50 et 60 minutes et qui montre qu'il y a une rapidité d'hydrolyse pour atteindre la valeur 2.72 %. **Tableau (7)**.

Cette figure, représente également l'évolution de taux du lactose pendant l'hydrolyse. Le degré d'hydrolyse de lactose diminue en fonction du temps.

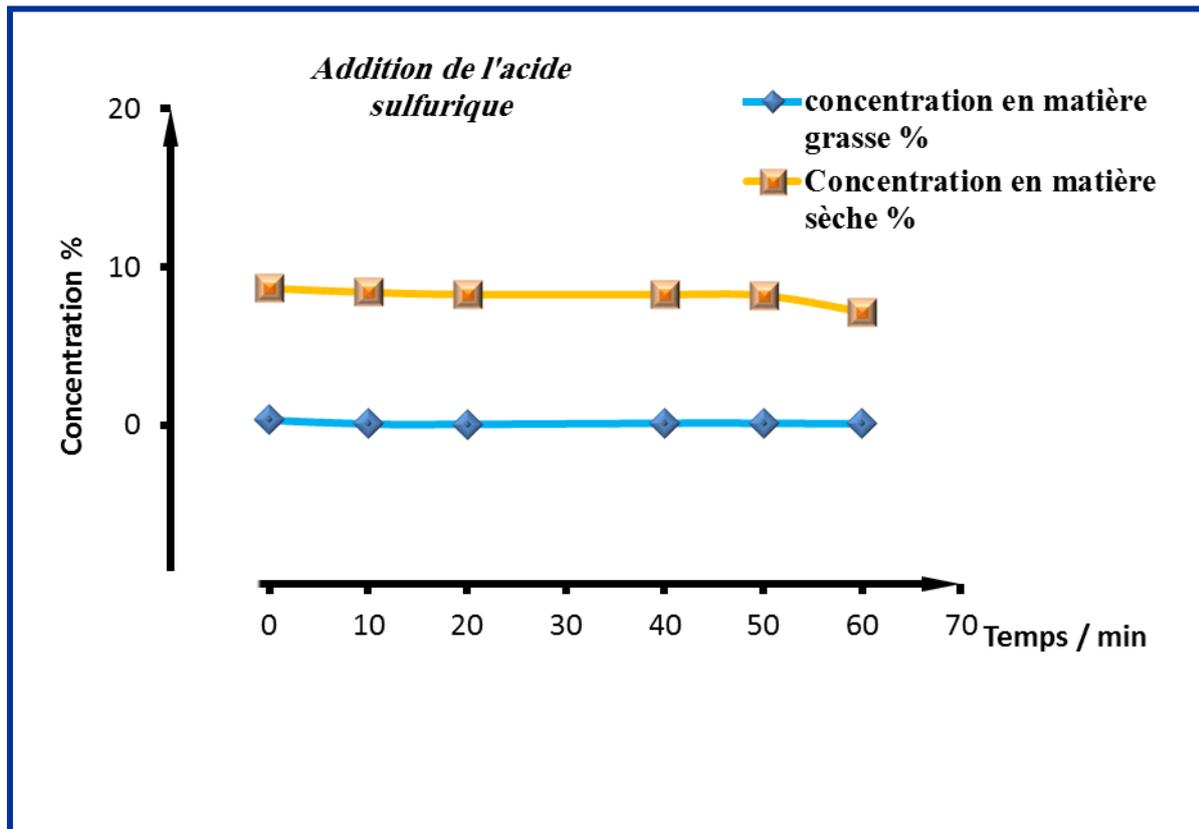
La **figure (10)** représente la cinétique d'hydrolyse de matière grasse et la matière sèche en fonction du temps.

La courbe indique une diminution progressive de la matière grasse pour atteindre 0.09% après 60 min d'hydrolyse **Tableau (7)**.

L'allure de la courbe obtenue fait apparaître trois phases distinctes (figure 2), une première phase où nous pouvons remarquer une diminution progressive de la matière sèche de 8.66 % à 8.41 après 10 minutes d'hydrolyse. La deuxième phase se distingue par une diminution faible jusqu'à la 50<sup>ème</sup> min. Ensuite la courbe montre une diminution rapide pour atteindre 7.17 % à la fin d'hydrolyse **Tableau (7)**.



**Figure 9** : concentration du lactose (●), protéine (▲) durant hydrolyse acide par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) (0,5M) à  $45C^\circ$  de lactosérum.



**Figure 10** : Cinétique d'hydrolyse du lactosérum par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) (0,5M) à  $45C^\circ$  de lactosérum Matière sèche(■), Matière grasse(◆).

**Tableau 7 :** Effet de traitement chimique sur la composition du rejet (lactosérum) après 60 minute d'hydrolyse à 45 °C.

<b>Compositions</b>	<b>Lactosérum (%)</b>
Matières grasse (%)	0.09 %
Matières sèche (%)	7.17 %
Protéines (%)	2.72 %
Minéraux (%)	1.49 %
Lactose (%)	3.98 %

# Discussions

Notre travail avait pour objectif d'étudier la qualité d'un rejet de type d'industrie laitière (le lactosérum) avant et après un traitement chimique.

Une étude analytique des propriétés physico-chimique et biochimiques de lactosérum a été réalisée.

La qualité générale du rejet est influencée par des processus chimiques et biologiques. Deux descripteurs usuels permettent de caractériser très globalement la qualité du milieu, la conductivité et le potentiel d'hydrogène (pH), ce dernier étant surtout important il doit être étroitement surveillé au cours de la période de prélèvement et même au durant d'hydrolyse.

-La valeur du pH de lactosérum obtenue avant toute manipulation effectuée est de 6.01. Ces résultats concordent ce qui a été montré par Pierre SCHUCK et al 2004 (pH= 6.10), ce qui indique qu'il s'agit d'un lactosérum doux.

Le lactosérum obtenu par la coagulation du lait par la présure, et provenant de la fabrication des fromages à pâtes molles et à pâtes pressées (l'acidité est inférieure à 18°D), est appelé lactosérum doux (Boudjema Khaled 2008). Le lactosérum doux est pauvre en calcium (Y Membrez, Hetal., 2007), a une teneur en calcium 3 fois moins importante que le lactosérum acide (Marie-Catherine Leclerc, 2002).

Le lactosérum acide peut être utilisé directement en alimentation animale, alors que le lactosérum doux est transformé par concentration, séchage, ultrafiltration..., est utilisé en alimentation animale ou humaine, est valorisé pour des applications en pharmacie ou en alimentation humaine (EPREUVE PRATIQUE, 2007).

Le lactosérum doux est un aliment intéressant pour tous les ruminants, moyennant quelques précautions d'utilisation. Il peut remplacer un aliment énergétique. Il est très appétant (Marie-Catherine Leclerc, 2002).

La valeur du pH de lactosérum obtenue après le traitement est de 4,52, La diminution du pH enregistrée pourrait s'expliquer par le fait de l'addition de l'acide sulfurique lors d'hydrolyse du lactosérum ou bien par le fait d'éliminer la matière grasse ainsi que les caséines, le pH dépendrait également de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citrique CAROLE (2002).

-La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/ m) à 20 °C.

Il s'agit donc d'une propriété qui dépend fortement de :

- La nature des ions présents dans le milieu aqueux.
- De leur concentration.
- De la température de la solution : une élévation de la température conduit à une augmentation de la conductivité, ce qui est dû à l'accroissement de la mobilité des ions dans une solution par l'effet de l'augmentation de la température (Aline Batungwanayo et al., 2009).

La conductivité du lactosérum dépend donc principalement de sa charge en ions les sels minéraux (phosphore, calcium, potassium, sodium et chlorures).

Not résultats montre que 'il ya une augmentation significative de la conductivité de 8.2 mS à température 18 °C à 57.40 mS à température 45°C cela est peut être expliqué d'une part par la libération des acides aminés, oligopeptides et les peptides au cours d'hydrolyse qui porte des charges positive et négative dû à l'augmentation de la concentration des ions et d'autre part le processus d'hydrolyse a été effectué à une température de 45°C ce qui influence positivement sur la conductivité de notre lactosérum.

-Les valeurs de point de congélation du lactosérum relevées dans la présente étude sont légèrement inférieures à celui de l'eau puisque la présence des solides solubilisés abaisse le point de congélation (Carole L. Vignola, 2002).

Le point de congélation du lactosérum est **C°-0.523** Cette valeur se rapproche de celles rapportées dans la littérature de -0,530°C à -0,575°C de point de congélation du lait.

Un point de congélation supérieure à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait (Carole L. Vignola, 2002).

Nous avons noté une diminution de point de congélation du lactosérum après le traitement chimique (-0.433 °C) cela est peut être expliqué par l'ajout de l'acide sulfurique. La température de congélation (Tc) d'un solvant pur est diminuée par l'ajout d'un soluté qui est insoluble au solvant solide. On peut faire diminuer le point de congélation en ajoutant un soluté qui a un point de fusion inférieur. (Daniel Abegg et al ., 2007)

Sur le plan biochimique l'objectif assigné à cette partie du travail vise à étudier l'effet de traitement chimique sur la composition biochimique du lactosérum.

-D'après les résultats compilés sur le **tableau (6)** la teneur moyenne en lactose du lactosérum est égale à 4.81%. Elle se situe dans la fourchette des travaux rapportés par Abderrazak Akbache, 2009, (4.9 %).

La composition du lactosérum se caractérise par une forte teneur en lactose (75 % de la MS du lactosérum correspond au lactose) et par une faible teneur en matières grasses (Marie-Catherine Leclerc, 2003). Le lactosérum constitue pour la flore de la panse un apport important de lactose, sucre rapidement fermentescible en acide lactique, lui-même très vite métabolisé, principalement en acides gras volatils (Marie-Catherine Leclerc, 2002).

La **figure (9)**, représente une courbe typique de lactose obtenue pendant l'hydrolyse. Le degré d'hydrolyse de lactose diminue au cours du temps. Le pourcentage minimal est obtenu après environ 60 minutes de l'expérience. D'où le lactose est converti en deux monosaccharides, le galactose et le glucose (Dendouga Wassila, 2006). Ce qui justifie sa teneur réduite dans le lactosérum.

L'hydrate de carbone principal du lait est le lactose. Il s'agit d'un disaccharide composé des monosaccharides D-glucose et D-galactose qui sont liés par une position glycosidique 1-4 (A. THOMET et al., 2005).

L'hydrolyse consiste à scinder la molécule de lactose au niveau de son lien glycosidique pour former les deux monosaccharides D-glucose et D-galactose (Carole L. Vignola, 2002).

Après l'hydrolyse du lactose son pouvoir sucrant est environ quatre fois plus élevé (Fao, 1995).

La transformation du lactose en glucose et en galactose présente un grand intérêt pour l'industrie alimentaire: le pouvoir sucrant est augmenté environ d'un facteur 2 par l'hydrolyse sans augmenter la teneur en calories. De plus, la solubilité de ces deux monosaccharides est nettement plus élevée que celle du lactose. Il est donc possible de produire des sirops hautement concentrés qui ne cristallisent pas et qui sont très stables du point de vue microbiologique (A. THOMET et al., 2005).

-Les résultats consignés dans le **tableau (6)** indiquent une teneur moyenne en protéines est égale à 3.29%, Le taux que nous avons relevé lors de la présente étude est deux fois plus élevée par rapport aux travaux cités par (Valérie jacquet violleau 1999 ; Abderrazak Akbache, 2009), (environ de 0.8%. soit 8 g/l) et (TEBBOUCHE Latifa, 2012, soit 6 - 10 g/l, 0.6 - 1 %). Cette différence en

teneur protéique est peut être due au processus de fabrication du fromage (Bnaouida Karima, 2008). Oubien à la nature de rejet (rejet finale ou semi finale).

L'évolution du taux des protéines du lactosérum pendant l'hydrolyse est représenté (**figure9**). La courbe est caractérisée par une diminution jusqu'au voisinage de 2.72% en fonction du temps. On peut distinguer deux zones différentes d'hydrolyse : La première correspond à l'intervalle de temps entre le temps zéro et 50 min atteinte des valeurs de 3.29 % et 3.11 % respectivement, dans ce cas la courbe a été diminuée légèrement plus faible, par contre le deuxième intervalle entre 50 et 60 minutes montre une rapidité d'hydrolyse pour atteindre la valeur 2.72 %.

La diminution du taux des protéines dû à l'hydrolyse des protéines et l'augmentation du nombre de produits de plus en plus simples: polypeptides, constitués par un nombre décroissant d'acides aminés et enfin acides aminés libres.

L'hydrolyse va découper les protéines, au niveau des liaisons peptidiques en molécules de plus petites tailles : polypeptides et peptides et des acides aminés. Le produit obtenu est nommé « hydrolysate protéique ». Ce traitement provoque aussi la destruction du tryptophane qui est un acide aminé essentiel (Ifremer, 2012).

Groleau, Paule Émilie, 2003 a classifié les changements structuraux associés à l'hydrolyse d'une protéine:

- ✓ l'augmentation du nombre de groupements ionisables ( $\text{NH}_3^+$  et  $\text{COO}^-$ ), ce qui augmente l'hydrophilicité et la charge nette;
- ✓ la diminution du poids moléculaire des chaînes peptidiques, ce qui augmente leur digestibilité et contribue à réduire leur potentiel allergène;
- ✓ l'exposition des sites hydrophobes autrement enfouis dans la structure protéique, ce qui peut diminuer la solubilité des peptides.

En outre, nous avons indiqué précédemment que les protéines de lactosérum représentent un intérêt nutritionnel important par leur haute valeur énergétique, mais aussi après l'hydrolyse on a obtenu un intérêt de leur constituants en acides aminés essentiels très riche (notamment en lysine et tryptophane), ce qui accorde avec à celle annoncée par l'étude de Groleau Paule Émilie, (2003) que les hydrolysats de protéines de lactosérum sont riches en peptides fonctionnels et bioactifs, ce qui justifie l'intérêt de les fractionner afin de concentrer ou purifier ces molécules.

En modifiant leur taille et leur charge, l'hydrolyse modifie les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des protéines (digestibilité, solubilité, réduction de l'allergénicité, développement d'activité biologique...) (Ifremer, 2012).

Les principales protéines composant le lactosérum sont la  $\beta$ -lactoglobuline (53 %), l' $\alpha$ -lactalbumine (19 %), le sérum albumine bovine (6 %) et les immunoglobulines (12 %). On y trouve également des protéines mineures, telles que la lactoferrine, la lactoperoxidase, le lysozyme et la fraction protéose-peptone (Josée L'Heureux, 1999).

-La teneur moyenne en matière grasse du lactosérum est égale à 0,32%. Cette teneur en matière grasse est comparable à celle rapportée par Valérie jacquet violleau, 1999 (2,0g/l soit 0,2%).

La matière grasse du lactosérum renferme des acides gras à courtes chaînes non saturées (SIBOUKEUR, 2007).

Les résultats enregistrés ont montré que la teneur en matière grasse, reste globalement constante après l'hydrolyse.

-Les échantillons du lactosérum étudié semblent présenter des teneurs en matière sèche légèrement supérieures 8.66%, à celle annoncée par Bnaouida Karima, 2008 de 55 – 75 g/L représentant 5.5% -7,5%

La matière sèche du lactosérum est composée d'environ 75 % de lactose, ce qui en fait un aliment très énergétique. On se basant sur ces données, le lactosérum et l'orge ont une valeur énergétique équivalente (Marie-Catherine Leclerc, 2002).

Dans la **figure 10**, nous avons étudié la cinétique d'hydrolyse de la matière sèche et la matière grasse en fonction du temps.

La teneur en matière sèche du lactosérum durant l'hydrolyse illustrée dans la **figure 10** montre qu'il y a une réduction du taux de la matière sèche. Une première phase où nous pouvons remarquer une diminution progressive de la matière sèche de 8.66 % à 8.41 aux 10 minutes. La deuxième phase se distingue par une légère diminution jusqu'à la 50 min. Ensuite la courbe montre une diminution rapide pour atteindre 7.17 % à la dernière minute. Le taux minimal est encore obtenu après environ 60 minutes d'hydrolyse. La matière sèche (MS) est ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un produit. Le pourcentage de matière sèche est le ratio entre le poids de la

matière sèche et la masse de la matière non-sèche (hydratée). Lors de l'hydrolyse, le taux de matière sèche diminue, il pourra s'expliquer par le fait que l'acide sulfurique a effectivement décomposé les constituants de lactosérum, tel que les protéines et le lactose.

Néanmoins, la teneur en matière grasse du lactosérum traité semble stable et inférieure à celle du lactosérum non traité. Il est important de signaler à ce niveau que la partie du lactosérum traité a été décimée avant l'hydrolyse ce qui justifie la diminution de la matière grasse.

Concernant l'intérêt de la matière sèche, d'après l'étude de Schuck P, 2011, la concentration sous vide et le séchage par atomisation sont des techniques d'élimination d'eau utilisées pour stabiliser biologiquement la majorité des ingrédients laitiers. Afin d'en assurer son stockage. Ces poudres étaient pour l'essentiel destinées à l'alimentation animale. Les industriels laitiers étaient contraints de rechercher une meilleure valorisation des surplus de la production laitière et également des co-produits générés par la transformation du lait en fromage (lactosérum). Leurs efforts se sont portés immédiatement sur les fractions protéiques dont les qualités nutritionnelles et "technofonctionnelles" laissaient entrevoir de multiples applications. Il en résulte une évolution de la nature des poudres d'origine laitière au cours des vingt dernières années. La production de poudre de lactosérum a progressé durant cette même période.

-Les résultats de la teneur en sels minéraux concordent avec ceux qui sont indiqués par Bnaouida Karima, 2008 soit (1,32%) et (1,22%) respectivement.

Les sels du lactosérum sont composés de NaCl et KCl (plus de 50%), sels de calcium (phosphate principalement) et autres minéraux, en plus faibles teneurs (Abidi Nabil, 2009).

# Conclusion

## Conclusion

Dans le présent travail, nous avons étudié l'effet d'hydrolyse chimique par l'acide sulfurique sur les caractéristiques physico-chimique et biochimique de la composition de rejet du lactosérum.

Des analyses biochimiques et physico-chimiques de ce rejet étudié ont été réalisées avant et après, plusieurs techniques de traitement effectué.

Nos résultats montre qu'il y a une diminution de taux des protéines au cours d'hydrolyse qui permet l'augmentation du nombreuse sous-produitsissu de ce dernier de plus en plus simples et qui sont des: polypeptides, peptides, oligopeptide et acides aminés.

D'autre partla diminution du taux de lactose traduisait par la formation des deux monosaccharides D-glucose et D-galactose au cours d'hydrolyse.

La mesure du PH et de la conductivité au cours d'hydrolyse montre qu'une augmentation significative de la conductivité par contre une diminution expressive du PH (relation réversible).

D'une manière générale nos résultats montre que : après une hydrolyse et un traitement chimique du lactosérum, ce dernier diminue la teneur de sa composition en protéines, lactose, matière grasse et matière sèche suite à l'effet de l'acide sulfurique.

On peut donc montrer de façon évidente que le lactosérum partiellement ou totalement hydrolysé représentent une grande importance qui peut être par la suite exploité et valorisé afin de :

- D'une part, à limiter la pollution engendrée par ce sous-produit.
- D'autre part, ouvrent des pistes potentielles d'utilisation dans de différents domaines : nutritionnel, technologique, économique, industries agro- alimentaires et médicale.
- De plus, résoudre le problème de l'intolérance au lactose et les allergies aux protéines du lactosérum.

# Références bibliographiques

## Références bibliographies

- **A.chafchafi.** -Le repiquage du lactosérum ou comment utiliser au mieux son lactosérum pour le repiquage?, 2004 ; 1.
- **A.THOMET, Brita REHBERGER.** -Obtention de sirop de sucre à partir de lactosérum, 2005 ; 26.
- **Abderrazak Akbache.** -Transforming growth factor-02 dans le lait bovin : extraction, caractérisation et potentiel d'interaction, 2009 ; 23.
- **Abidi Nabil.** -Valorisation du lactose et du lactosérum en acide succinique par fermentation bactérienne, 2009 ; 3,4.
- **Aline Batungwanayo, Éric Wong et Alfa Arzate.** -Mesure de la conductivité électrique du sirop d'érable, Mars 2009;1,2.
- **Anne Woo.** - La grande diversité du lactosérum, 2002;2,3.
- **Benouida Karima.** -Etude de l'alpha amylase de levures isolées d'un écosystème extrême (sol environnant des sources thermales) et cultivées sur un milieu à base de lactosérum, 2008 ; 30,31, 48.
- **Bibiana CERCADO QUEZADA.** -traitement de déchets issus de l'industrie agro-alimentaire par pile à combustible microbienne, 2009 ; 1.
- **BOUCHERIT Zeyneb.** -Production et étude des propriétés de la protéase acide d'une moisissure isolée de Sebkhia, 07/04/2011 ; 11,12.
- **Boudjema Khaled.** - Essai d'optimisation de la production d'acide lactique sur lactosérum par *Streptococcus thermophilus*, 27/02/2008 ; 11, 13-36.
- **Carole L. Vignola.** -Science et technologie du lait:transformation du lait, 2002 ; 29.
- **Castillo sorya de campins.** -Les concentrés protéiques du lactosérum : étude comparative de la composition globale, séparation et caractérisation des fractions protéiques, 2001 ; 17, 18.
- **Daniel Abegg Alexandre Dumoulin,** - Transport, 22 janvier 2007 ; 1.
- **de Wit, J.N.** – (1989) functional properties of whey proteins. *Developments in dairy chemistry*. Fox, P F. (ED), Elsevier Applied Science, New-York. 1989; 285-321.
- **de Wit, J.N.** –Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food product. *Journal of Dairy science*. 1998; 81, 597-608.
- **Dendouga Wassila.** -Isolement et identification de moisissures productrices de protéases à partir de milieux extrêmes. Extraction et étude des propriétés de la protéase produite, 2006; 27.

- **EPREUVE PRATIQUE.**- agrégation de biochimie - génie biologique, 2007 ; 1.
- **FAO 1995.** - Food & Agriculture : Lait et produits laitiers dans la nutrition humaines. FAO, Rome ; 203.
- **Frédéric Berly, Jean-Michel Boulesteix, Ludovic de Gaillande, Jean-Philippe Lalande, Jean-François Marfaing, Laurent Michel, Laurent Midrier, Henri Rojas, Gérard Soula.** -L'environnement, risques industriels et pollutions, 2007 ; 18.
- **Groleau, Paule Émilie.** -Étude des interactions peptide-peptide dans un mélange de peptides issu d'un hydrolysate trypsique de  $\beta$ -lactoglobuline et de leur influence sur le fractionnement par nanofiltration, 2003.
- **Hélène Fruteau de Laclos, Yves Membrez, EREP SA.** -Energie à partir de petit-lait : comparaison des filières biogaz et bioéthanol, 2004 ; 16.
- **Ifremer.**- Hydrolyse, hydrolysats protéiques & peptides bioactifs de produits de la mer, Mars 2012 ; 2.
- **Ir Pierre MAQUET.** -Analyse de la filierelaitiere active en wallonie, 2012 ; 133.
- **J.CHAVEL(1), Françoise AGUILLON(2), J.C.ALIX (2), b. pennetier (2).**- Le lactosérum préconcentré dans l'aimantation du porc résultants d'essais conduits dans les élevages, 1981 ; 179.
- **Jan PROOT.** -Les technologies propres appliquées aux industries agro-alimentaires, 2001 ; 15.
- **Josée L'Heureux.**-Stabilité en cours d'entreposage de formules lactées à base de fractions peptidiques, en remplacement de lacarraghénane, 1999 ; 21.
- **Karine assie.** -les effluents de fromagerie risquent, réglementation et solutions techniques, 2004 ; 1.
- **LAHOUEL Nacéra.**-Evaluation de l'antigénicité et l'allergénicité résiduelle des protéines de lactosérum Camelin après la digestion Pepsique/Trypsique, 2010 ; 04.
- **Marie-Catherine LECLERC et François MOREL D'ARLEUX.** -lactosérum doux, 2002 ; 2, 3,6.
- **Marlène Frénot, Élisabeth Vierling.**-Biochimie des alimentsdiététique du sujet bien portant, 2001; 56.
- **Martine Rebstein** .-Chimie avancée, Préparation au bac et à la maturité, 29 sept. 2011 ; 163.
- **Maurice BOURY.** - Les Proteines, leur hydrolyse, les protéases ; 1960,6.
- **Maxime Bélanger.** -une alimentation liquide favorise-t-elle de meilleurs coûts? , 2010; 1.

- **Morr C.V, Ha EYW.** -Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. *Critical Reviews in food science and Nutrition*, 1993; 33, 431-476.
- **Musthusha.** -ERCO Worldwide, 05/14/2012;6.
- **N. Eloutassi, B.Louasté, M. Chaouch.** -Production des sucres simples à partir du lactose issu du lactosérum, 2011 ; 40, 46.
- **Nancy McDonald,** -Profil sectoriel: le lactosérum, 2006 ; 2.
- **Nolwenn LE GAC.** -Conseil de développement du Pays de Guingamp, 2006 ; 1,2.
- **PartricienWilden.** -Les déchets dans l'environnement, nettoignons la terre, 2008 ; 1.
- **Pierre Jouan.**-Lactoprotéines et lactopeptide : Propriétés biologiques, 2002 ; 32.
- **Pierre SCHUCK, Said BOUHALLAB, Delphine DURUPT, Philippe VAREILLEb, Jean-Paul HUMBERT, Michèle MARIN.** -Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et de la dynamique de l'eau. 26 Mars 2004 ; 243.
- **Pierre Schuck.** -Modifications des propriétés fonctionnelles des poudres de protéines laitières: Impact de la concentration et du séchage. ,2011 ; 1,72.
- **Revue :** Déchet et la santé, 2011 ; 1.
- **Revue :** Prise en charge des projections chimiques oculaires et cutanées, 2009 ; 3.
- **Samira ETAHIRI et Jamal AMINE.**-Production des déchets organiques biodégradables par l'industrie agroalimentaire au Maroc, 2006 ; 9.
- **Samira ROUFIK.** -Les concentrés protéiques du lactosérum: étude comparative de la composition globale, séparation et caractérisation des fractions protéiques, 2001 ; 23.
- **SOUHEILA TOUATI.** -Etude Expérimentale et Modélisation de la Purification del'Acide Sulfurique, 2012 ; 1, 2.
- **TEBBOUCHE Latifa.**-Du bioéthanol carburant à partir des rejets agro-industriels, 2012 ; 4- 5.
- **Thibaud SAUVAGEON,** Optimisation d'une hydrolyse enzymatique dans le processus de transformation de matériel ligno-cellulosique en bioéthanol ; 2012 ; 17,18.
- **Valérie JACQUET VIOLLEAU.**-Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum, 1999 ; 48.
- **William McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch.**-De Boeck Supérieur, Nutrition et performances sportives, 11 août 2004 ; 90.
- **William McArdle, Frank I. Katch,Victor L. Katch.** – Nutrition et performances sportive, 1999; 90.
- **Y. Membrez, H. Fruteau and J. Dovat.**- producing biogas from cheese whey to contribute to the energy independency of cheese factories, 7.06.2007 ; 1.