

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité/Option: Production et Technologie Laitières

Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

---

## Valorisation du lactosérum : Incorporation dans un gâteau sec

---

Présenté par :

DJEBAIRIA Affef

HASNAOUI Zahra

Devant le jury composé de :

Président: Dr. BENYOUNES Abdelaziz

Professeur

Université de Guelma

Examineur : Dr. BOUSBIA Aissam

M.C.B

Université de Guelma

Encadreur : Dr. BOUDALIA Sofiane

M.C.B

Université de Guelma

Juin 2016

## Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la vitalité et le pouvoir pour concrétiser ce projet.

Nos vifs remerciements vont à notre encadreur monsieur : BOUDALIA Sofiane qui a proposé et discuté le sujet, il nous a beaucoup aidé par ses conseils, son expérience, son soutien et surtout sa patience.

Nous adressons également nos sincères remerciements au professeur BENYOUNES Abdelaziz, qui a bien voulu présidé le jury de ce mémoire.

Notre gratitude va également à monsieur : BOUSBIA Aissam qui nous honore par sa participation dans notre jury en tant qu'examineur.

Nous tenons tout spécialement à remercier le gérant de l'usine *Beni Foughal* pour l'aide qu'il nous a apporté pour la réalisation du stage pratique et durant le déroulement de toutes les étapes de notre travail.

Et à tout enseignant et enseignante du département de biologie qui ont contribué à notre formation durant les cinq années de graduation.

Enfin, à tout les étudiants de 2<sup>ème</sup> année Master Production et Technologie Laitières (2015/2016) et tout ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste travail d'une manière directe ou indirecte.

## Résumé

D'un point de vue physiologique, les protéines du lactosérum possèdent une haute valeur nutritionnelle, elles ont également des excellentes propriétés fonctionnelles : solubilité, capacité à absorber et à fixer l'eau, gélification, des propriétés émulsifiantes et moussantes. Cette étude vise à valoriser le lactosérum via une incorporation dans une recette de gâteau sec afin de d'utiliser au mieux ces protéines, mais aussi pour réduire le caractère polluant de ce sous produit.

L'analyse de la qualité du lait montre qu'il est apte à la consommation, et il répond aux normes nationales et internationales. Aussi, et après fermentation de lait, l'étude bactériologique a montré que le lactosérum est un produit sain et apte à la consommation.

L'évaluation de la qualité organoleptique du gâteau enrichi au lactosérum réalisée grâce à une épreuve hédonique (échelle de 0 à 9) montre un fort degré d'acceptabilité, où un score  $\geq 6$  a été enregistré chez 75% de notre paneliste. A noter que ce score est plus supérieur par rapport à d'autres résultats de la littérature.

Des analyses supplémentaires sont nécessaires pour évaluer le coût de l'incorporation.

**Mots clés :** lactosérum, enrichissement, critères bactériologiques, évaluation sensorielle, gâteau sec.

## Abstract

Whey is the major by-product of the dairy industry, produced in large quantities, however, and despite its high level of proteins and lactose; it is usually disposed off causing major environmental pollution.

The main objective of this study was to evaluate the potential of animal proteins of Whey as a component for cakes production and its effect on the cakes acceptance qualities by consumers.

First, bacteriological analyses were carried out to evaluate the safety of whey, then, whey powder was directly incorporated to cakes. Cakes samples were manufactured following a small-scale pilot procedure, and evaluated for sensory qualities.

The results of all analysis (milk and whey) meet the standards according to international and Algerian regulations. Sensory analyses show a very high acceptance score  $\geq 6$ .

This study points out that Whey leaves could be technically used for cakes production.

**Keys words :** bacteriological criteria, cakes, valorization, whey, sensory evaluation.

## المخلص:

يحتوي مصل الحليب على درجة عالية من البروتينات , ه ذه الاخيرة تتميز بقيمتها الغذائية العالية و خصائصها الوظيفية الممتازة .

ان الهدف من هذه الدراسة هو دمج مسحوق مصل الحليب في وصفة كعك جاف .

قمنا في المرحلة الاولى بتحليل الحليب و النتائج تظهر أن مواصفاته مطابقت للمعايير الوطنية والدولية .

في المرحلة الثانية و بعد استخراج مصل الحليب قمنا بدراسة بكتريولوجية , ه ذه الاخيرة أظهرت انه صالح للاستهلاك .

في المرحلة الاخيرة من هذه الدراسة و بعد دمج مسحوق مصل الحليب في وصفة الكعك الجاف قمنا بدراسة الخصائص الحسية (الفوق , الرائحة , اللون) للكعكة المضاف اليها مسحوق مصل الحليب .

أظهرت النتائج درجة عالية من القبول لدى الاشخاص المشاركين في الدراسة .

**الكلمات المفتاحية :** مصل الحليب , ادماج , خصائص بكتريولوجية , كعكة جافة , تقييم حسي .

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Composition moyenne du lait entier	<b>7</b>
<b>2</b>	Modèle de micelle de caséine avec sous-unités	<b>8</b>
<b>3</b>	Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation	<b>23</b>
<b>4</b>	Valorisation du lactosérum	<b>34</b>
<b>5</b>	Principales utilisation de lactosérum	<b>34</b>
<b>6</b>	Diagramme de fabrication du lait cru au niveau de la laiterie <i>Beni Foughel</i>	<b>40</b>
<b>7</b>	Diagramme de fabrication du lait reconstitué au niveau de la laiterie <i>Beni Foughel</i>	<b>43</b>
<b>8</b>	Mesure de la densité et la température par thermo lactodensimètre	<b>45</b>
<b>9</b>	Mesure de l'acidité titrable	<b>46</b>
<b>10</b>	Test d'ébullition	<b>47</b>
<b>11</b>	Récupération du lactosérum	<b>48</b>
<b>12</b>	Ensemencement de lactosérum sur le milieu de Chapman	<b>52</b>
<b>13</b>	Colonies jaunâtre (Staphylocoque) après l'ensemencement et l'incubation	<b>53</b>
<b>14</b>	Recherche de salmonelle dans le milieu bouillon SFB	<b>53</b>
<b>15</b>	Dénombrement avant et après l'incubation	<b>53</b>
<b>16</b>	Recherche de Clostridium dans le milieu de viande foie	<b>54</b>
<b>17</b>	Recherche des germes aérobies dans le milieu Hectoïne	<b>54</b>
<b>18</b>	Gâteau sec enrichi au lactosérum	<b>55</b>
<b>19</b>	Analyses de la production et des qualités physicochimiques (température, acidité, densité et taux de matière grasse) du lait sur la période de (Août, Février et Décembre) dans la laiterie Beni Foughel	<b>58</b>
<b>20</b>	Coloration de gram	<b>60</b>
<b>21</b>	Résultat d'identification des staphylocoques	<b>61</b>
<b>22</b>	Résultat de test de catalase	<b>61</b>
<b>22</b>	Analyses sensorielles d'un gâteau sec enrichi au lactosérum	<b>63</b>

## Liste des tableaux

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Composition moyenne du lait entier	<b>6</b>
<b>2</b>	Modèle de micelle de caséine avec sous-unités	<b>10</b>
<b>3</b>	Composition vitaminique moyenne du lait cru	<b>11</b>
<b>4</b>	Caractéristiques des principaux enzymes du lait	<b>12</b>
<b>5</b>	Composition des laits en poudre (% m/m)	<b>18</b>
<b>6</b>	Composition de différents types de lactosérum	<b>24</b>
<b>7</b>	Teneur en vitamines dans le lactosérum	<b>25</b>
<b>8</b>	Teneur en composés protéiniques du lactosérum	<b>27</b>
<b>9</b>	Acides aminés essentiels (g/100 g)	<b>28</b>
<b>10</b>	Epreuve de notation hédonique, pour un gâteau sec enrichi au lactosérum (avec 5 descripteurs)	<b>62</b>

## Abréviations

°C	Degré Celsius
°D	Degré Dornic
°f	Degré français
$\mu$	Micron
$\mu\text{m}$	Micromètre
AFNOR	Association Française de Normalisation
Cal	Calorie
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
Da	Dalton
ESD	Extrait Sec Dégraissée
EST	Extrait Sec Total
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
G	Gramme
g/L	gramme par litre
g/mL	Gramme/millilitre
GN	Gélose Nutritive
g	Gramme
h	Heure
IgA	Immunoglobuline classes A
IgE	Immunoglobuline classes E
IgG	Immunoglobuline classes G
IgG <sub>2</sub>	Immunoglobuline classes G <sub>2</sub>
IgM	Immunoglobuline classes M
Kcal	Kilo calories
KDa	Kilo Daltons
Kg	Kilo gramme
L	Litre
LPC	Lait Pasteurisé Conditionné
m/v	Masse/volume
m <sup>2</sup>	Mètre carré
Mg	Milli gramme
MG	Matière grasse
min	Minute
ml	Millilitre
Mm	Milli mètre
Mol	Mole
O <sub>2</sub>	Oxygène
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONIL	Office National Interprofessionnel du Lait
pH	Potentiel hydrogène
ppm	Partie Par Million
SD	Ecart type ( <i>Standard Deviation</i> )
Sec	Seconde

T°	Température
Tr/min	Tour/minute
UFC	Unité Formant Colonie
WPC	Concentré de protéines de lactosérum ( <i>Whey protein concentrate</i> )
WPI	Isolat protéique de lactosérum ( <i>Whey protein isolate</i> )

## Sommaire

I.	INTRODUCTION .....	1
	Le lait .....	4
1.	Définition .....	4
2.	La composition du lait .....	4
3.	Propriétés physico-chimiques du lait .....	13
4.	Qualité organoleptique du lait.....	14
5.	Les différentes formes des laits commercialisés .....	15
6.	Définition de fromage.....	18
	Lactosérum.....	21
1.	Définition et caractéristiques du lactosérum .....	21
2.	Types de lactosérum .....	21
3.	Composition de lactosérum .....	24
4.	Valorisation de lactosérum .....	29
5.	Les techniques de récupération des différentes fractions de lactosérum .....	30
6.	Extraction des protéines du lactosérum.....	31
7.	Formes de protéines de lactosérum.....	32
8.	Principales utilisations de la poudre de lactosérum et des WPC .....	33
	Biscuits .....	35
1.	Définition du biscuit .....	35
2.	Classification des biscuits.....	35
3.	Principaux ingrédients des biscuits.....	36
4.	Critères de qualité d'un biscuit .....	37
II.	Matériel et méthodes .....	38
1	Site de travail.....	38
2	Matière première .....	38
3	Analyses physicochimiques .....	44
4	Lactosérum .....	47
5	Obtention de la poudre de lactosérum.....	55
6	Incorporation du lactosérum dans des gâteaux secs .....	55
7	Plan statistique.....	56
III.	Résultat et discussion.....	58
1.	Lait .....	58
1.1.	Analyses physicochimiques du lait cru .....	58
2.	Obtention du lactosérum.....	60
2.1.	Volume de lactosérum récupéré.....	60
2.2.	Analyses bactériologiques .....	60
3.	Incorporation et analyses sensorielles des qualités organoleptiques des gâteaux secs .....	62
IV.	Conclusion.....	64
	Références bibliographiques .....	65

## I. INTRODUCTION

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments à contenir une teneur équilibrée en nutriments de base (glucides, lipides et protéines), c'est aussi l'un des rares à convenir à toutes les tranches d'âge (nourrisson, enfant, adolescent, adulte, personne âgée) qui le consomment tel quel à l'état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés. Avec une valeur énergétique de l'ordre de 700 kcal/L, le lait de plusieurs espèces animales constitue une source importante et relativement bon marché d'apport quotidien en acides aminés et acides gras essentiels ainsi qu'en calcium alimentaire. Le lait est aussi riche en d'autres sels minéraux (notamment phosphore et magnésium) et en vitamines du groupe B (B1, B2, B5, B12) et en vitamine A.

Pour répondre à ces besoins, le lait bovin est le plus utilisé dans le monde et dans notre pays. Considéré à juste titre comme un produit de base dans le modèle de consommation Algérien, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population. Les besoins sont estimés à 3,2 milliard de litre et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 L/habitant/an. La production nationale, estimée à 1.6 milliard de litre par an, ne couvre que 40% des besoins (**Yakhlef et al., 2010**), le reste est importé sous forme de poudre de lait et de matière grasse laitière anhydre (MGLA) auxquels il faut rajouter d'autres ingrédients de fabrication (levain, enzymes coagulantes, arômes...etc.).

L'industrie laitière est intéressée à la transformation du lait comme matière première, ses produits sont nombreux, telle que le yaourt, fromage petit lait et d'autres.

La fabrication du fromage engendre une grande quantité de lactosérum, ce sous-produit peut être valorisé vu sa composition importante (source protéines, lactose matière grasse). Les protéines de lactosérum dans leur ensemble peuvent prétendre à une large utilisation dans les industries alimentaires.

Les protéines du lactosérum ont une très haute valeur nutritionnelle et d'excellentes propriétés fonctionnelles. Elles constituent à l'état concentré de la source de protéines recherchés tant pour l'alimentation des jeunes animaux que pour l'alimentation humaine. Elles peuvent prétendre à une large utilisation dans les industries alimentaires. Cependant l'accumulation des connaissances sur les propriétés de chacune des protéines qui les composent amène de plus en plus à envisager leur séparation en vue d'utilisation et de valorisations différenciées.

L'objectif de notre étude vise à :

- ❖ Expliquer la procédure de fabrication d'un lait reconstitué dans une mini laiterie située au niveau de la Wilaya de Guelma, Algérie ;
- ❖ Evaluer les qualités physico-chimiques et bactériologiques du lactosérum ;
- ❖ Donner aux industries fromagères algériennes un outil de valorisation de lactosérum par un procédé économique et efficace (lyophilisation) et réduire ainsi le caractère polluant de ce sous produit ;
- ❖ Connaître les différentes utilisations du lactosérum ;
- ❖ Incorporer la poudre de lactosérum dans une recette de fabrication de gâteau ;  
Evaluer la qualité organoleptique du gâteau enrichi au lactosérum ;

# **Le lait**

# Le lait

## 1. Définition

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

Selon **Aboutayeb (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes. Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24 h (**Fredot, 2006**).

**Jeantet et al., (2008)** rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé En l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue Conservation.

## 2. La composition du lait

**Franworth et Mainville, (2010)** évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la Race qu'il permet de développer (**Mittaine, 1980**).

Selon **Favier, (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont

beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon **Pougheon et Goursaud, (2001)** sont :

- *L'eau, très majoritaire,*
- *Les glucides principalement représentés par le lactose,*
- *Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras,*
- *Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire,*
- *Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles,*
- *Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.*

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 1. **Fredot, (2006)** rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- *Une émulsion de matières grasses ou phase Grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D).*
- *Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.*
- *Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique).*
- *Une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous qui représente environ 5% du volume du lait.*

Tableau 1: Composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006)

<b>Composants</b>	<b>Teneurs (g/100g)</b>
<b>Eau</b>	89,5
<b>Dérivés azotés</b>	3,44
<i>Protéines</i>	3,27
<i>Caséine</i>	2,71
<i>Protéines solubles</i>	0,56
<i>Azote non protéique</i>	0,17
<b>Matières grasses</b>	3,5
<i>Lipides neutres</i>	3,4
<i>Lipides complexes</i>	<0,05
<i>Composés liposolubles</i>	<0,05
<b>Glucides</b>	4,8
<i>Lactose</i>	4,7
<b>Gaz dissous</b>	5% du volume du lait
<b>Extrait sec total</b>	12,8 g

## 2.1. Eau

D'après **Amiot *et al.*, (2002)**, l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

## 2.2. Matière grasse

**Jeantet *et al.*, (2008)** rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10  $\mu\text{m}$  et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Comme c'est illustré dans la figure 1, elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (150 différents);
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes;
- Une teneur élevée en acide oléique (C18:1) et palmitique (C16 :0);
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18:0),

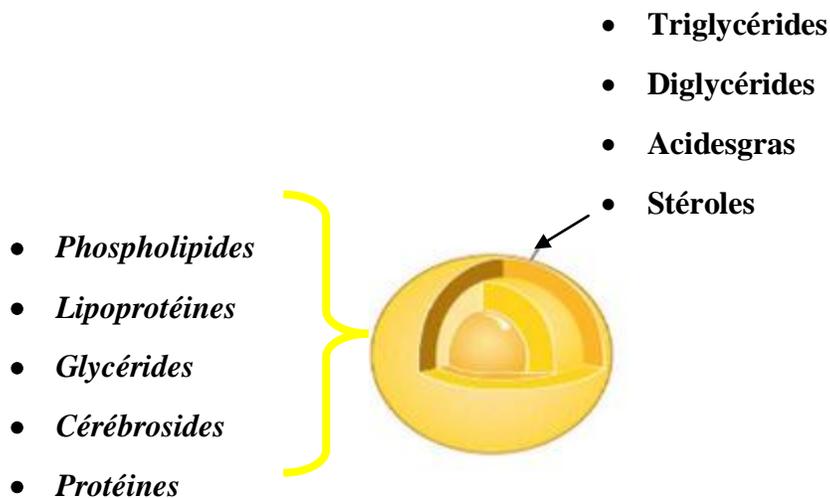


Figure 1 : composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006)

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C<sub>18:2</sub> et acide linoléique C<sub>18:3</sub>) par rapport au lait de femme (1,6% contre 8,5% en moyenne) (**Jeantet *et al.*, 2008**).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (Stoll, 2003).

### 2.3. Protéines

Selon Jeantet *et al.*, (2007), le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80% des protéines totales,
- Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20% des protéines totales.

#### 2.3.1. Caséines

Jean et Dijon, (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g/mol, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1  $\mu\text{m}$  (Figure 2). La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2,2%, acide citrique 0,5% et magnésium 0,1% (Adrian *et al.*, 2004).

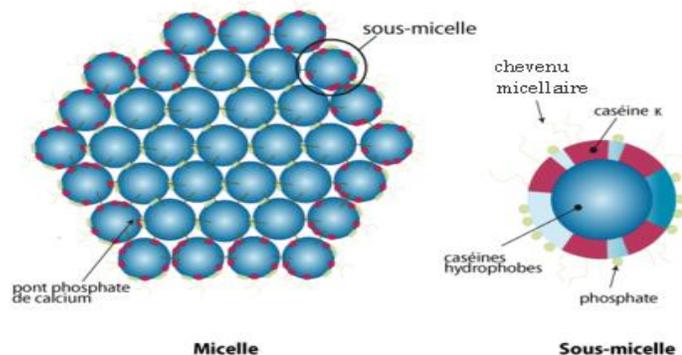


Figure 2 : modèle de micelle de caséine avec sous-unités (Amiot *et al.*, 2002)

### **2.3.2. Protéines du lactosérum**

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (**Debry., 2001**).

**Thapon, (2005)**, définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

#### **2.3.2.1. L' $\alpha$ -lactalbumine**

L' $\alpha$ -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (**Vignola, 2002**).

#### **2.3.2.2. La $\beta$ -lactoglobuline**

La  $\beta$ -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5,1 la  $\alpha$ -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une  $\beta$ -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (**Debry, 2001**).

#### **2.3.2.3. Le sérum-albumine**

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (**Vignola., 2002**).

#### **2.3.2.4. Les immunoglobulines**

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (**Thapon, 2005**).

### 2.3.2.5. Protéoses-peptones

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4.6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine  $\beta$  (Debry, 2001).

### 2.4. Lactose

Mathieu, (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/L dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (Hoden et Coulon, 1991).

### 2.5. Minéraux

Selon Gaucheron, (2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau 2).

Tableau 2 : composition minérale du lait de vache (Jeantet et al., 2007)

Eléments minéraux	Concentration (mg/L)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

## 2.6. Vitamines

Selon **Vignola, (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (Tableau 3). On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**Jeantet et al., 2008**).

*Tableau 3: composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot et al., 2002)*

<b>Vitamines</b>	<b>Teneur moyenne (/100 mL)</b>
<b><i>Vitamines liposolubles</i></b>	
Vitamine A (+carotènes)	40 µg
Vitamine D	2,4 µg
Vitamine E	100 µg
Vitamine K	5 µg
<b><i>Vitamines hydrosolubles</i></b>	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 mg
Vitamine B <sub>1</sub> (thiamine)	45 µg
Vitamine B <sub>2</sub> (riboflavine)	175 µg
Vitamine B <sub>6</sub> (pyridoxine)	50 µg
Vitamine B <sub>12</sub> (cyan cobalamine)	0,45 µg
Niacine et niacinamide	90 µg
Acide pantothénique	350 µg
Acide folique	5,5 µg
Vitamine H (biotine)	3,5 µg

## 2.7. Enzymes

**Pougheon, (2001)** définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve

dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau 4)

*Tableau 4 : caractéristiques des principaux enzymes du lait (Vignola., 2002)*

<i>Groupe d'enzyme</i>	<i>Classes d'enzymes</i>	<i>pH</i>	<i>Température substrats (°C)</i>	<i>Substrats</i>
<i>Hydrolases</i>	<i>Estérases</i>			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	<i>Protéases</i>			
	Lysozyme	7,5	37	Parois cellulaire
	Microbienne	8	37	Caséines
	Plasmine			
<i>Déshydrogénases</i> <i>ou</i> <i>Oxydases</i>	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	Bases puriques
<i>Oxygénases</i>	Lactopéroxydase	6,8	20	Composés réducteurs+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
	Catalase	7	20	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

### 3. Propriétés physico-chimiques du lait

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

#### 3.1. Masse volumique

Selon Pointurier, (2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée  $\rho$  et s'exprime en  $\text{Kg/m}^{-3}$  dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée par l'équation :  $T=m/v$ .

La masse volumique du lait entier à 20 °C et en moyenne de  $1030 \text{ Kg/m}^{-3}$ .

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a :

$$d = T1/T2.$$

Comme la masse volumique de l'eau à 4 °C est pratiquement égale à  $1000 \text{ Kg/m}^{-3}$ , la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4 °C est d'environ 1,030. Il convient de signaler que le terme anglais « *density* » prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique est non la densité (Pointurier, 2003).

#### 3.2. Point de congélation

Neville et Jensen, (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait. Sa valeur moyenne se situe entre - 0,54 et - 0,55 °C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. Le mouillage élève le point de congélation vers 0 °C, puisque le nombre de molécules,

autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (**Mathieu, 1999**).

### **3.3. Point d'ébullition**

D'après **Amiot *et al.*, (2002)**, on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C.

### **3.4. Acidité du lait**

Selon **Jean et Dijon, (1993)**, l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D).

1°D = 0,1 g d'acide lactique par litre de lait. Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité  $\leq 21$  °D. Un lait dont l'acidité est  $\geq 27$  °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est  $\geq 70$  °D coagule à froid.

## **4. Qualité organoleptique du lait**

**Vierling, (2003)** rapporte que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais.

### **4.1. La couleur**

Le lait est de couleur blanc opaque, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**Fredot, 2005**)).

**Reumont, (2009)** explique que dans le lait, deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

#### **4.2. L'odeur**

Selon **Vierling, (2003)**, l'odeur est caractéristique le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

#### **4.3. La viscosité**

**Rheotest, (2010)** a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

### **5. Les différentes formes des laits commercialisés**

Le terme "*Laits de consommation*" désigne les différentes catégories de laits vendus à l'état liquide. Ces laits sont présentés obligatoirement en emballages fermés jusqu'à la remise au consommateur (**CNERNA, 1981**).

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation ont permis l'élaboration d'une large gamme de lait de consommation qui se distingue par leur composition, leur qualité nutritionnelle et organoleptique et leur durée de conservation (**Jeantet et al., 2008**).

#### **5.1. Lait pasteurisé**

**Harding, (1995)** évoque que la pasteurisation a pour objectif la destruction de toutes les formes végétatives des micro-organismes pathogènes du lait sans altérer la qualité chimique, physique et organoleptique de ce dernier.

Le lait pasteurisé, fabriqué à partir de lait cru ou de lait reconstitué, écrémé ou non, est un lait qui a subi un traitement thermique (pasteurisation) qui détruit plus de 90% de la flore (jusqu'à 98%) contenue dans le lait (notamment tous les germes pathogènes non sporulés, tels que les germes de la tuberculose et de la brucellose) (**Jean Christian, 2001**).

## **5.2. Lait stérilisé**

**Leseur et Melik, (1999)** ont montré que selon le procédé de stérilisation, on distingue le lait stérilisé et le lait stérilisé Ultra Haute Température (UHT). Ces laits doivent être stables jusqu'à la date limite de consommation.

❖ *Lait stérilisé* : c'est un lait stérilisé avant son conditionnement dans un récipient hermétiquement clos, étanche aux liquides et aux microorganismes par la chaleur, laquelle doit détruire les enzymes les microorganismes pathogènes.

La stérilisation est réalisée à une température de 100-120 °C pendant une vingtaine de minutes.

❖ *Lait stérilisé UHT* : c'est un lait traité par la chaleur, qui doit détruire les enzymes, les microorganismes pathogènes, et conditionné ensuite aseptiquement dans un récipient stérile, hermétiquement clos, étanche aux liquides et aux microorganismes.

Le traitement thermique peut être soit direct (injection de vapeur d'eau), soit indirect. Il est réalisé à une température de 135-150 °C pendant 2,5 secondes environ (**Leseur et Melik, 1999**).

## **5.3. Lait concentré sucré**

Lait concentré c'est le produit provenant de la concentration du lait propre à la consommation. La concentration du lait peut se faire avec ou sans addition de sucre (**JORADP, 2001**).

Selon **Jeantet et al., (2008)**, la stabilité du lait peut être assurée par réduction de l'activité de l'eau ( $a_w$ ). On y parvient par élimination partielle de l'eau et ajout de sucre.

Le principe consiste à effectuer une évaporation sous vide afin d'abaisser la température d'ébullition. L'évaporation s'effectue dans des évaporateurs tubulaires ou à

plaques. L'addition de saccharose assure la conservation du produit sans étape de stérilisation en limitant le développement des micro-organismes par abaissement de l' $a_w$ . Leur teneur en eau est de 24% environ, les constituants ont une concentration proche du triple de celle du lait, la teneur en saccharose atteint plus de 40% (**Vierling, 2003**).

#### **5.4. Lait aromatisé**

**Vierling, (1999)** rappelle que cette dénomination est réservée aux boissons stérilisées préparées à l'avance, constituées exclusivement de lait écrémé ou non, sucré ou non, additionné des colorants généralement autorisés et de substances aromatiques naturelles qui peuvent être renforcées artificiellement : abricot, ananas, fraise, prune, cerise, framboise.

#### **5.5. Lait fermenté**

D'après **Fredot, (2006)**, 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 sous forme liquide, concentré ou en poudre. Ils pourront être enrichis avec des constituants tels que la poudre de lait ou les protéines de lait. Le lait subit alors un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation et estensemencé avec des microorganismes caractéristiques de chaque produit.

La coagulation des laits fermentés ne doit pas être obtenue par d'autres moyens que ceux qui résultent de l'activité des microorganismes qui sont pour la plupart du probiotique c'est-à-dire bénéfique pour la santé.

#### **5.6. Lait en poudre**

**Pfiffner, (2009)** évoque que la production de lait condensé avait débuté dans les années 1860, celle de lait en poudre commença plus tardivement (Industrie laitière).

Les essais de dessiccation de lait entier, demi-écrémé ou écrémé entrepris dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> s. avaient donné des produits insatisfaisants à la réhydratation. C'est au début du XX<sup>e</sup> s. que l'on mit au point des procédés aptes à un usage industriel, dont les plus importants restent aujourd'hui encore l'atomisation et le séchage sur cylindres chauffants, qui réduisent la teneur en eau du lait de 88% à 2-4% (Tableau 5).

Tableau5: composition des laits en poudre (% m/m) (FAO, 2010)

Composants	Lait entier	Lait partiellement écrémé	Lait écrémé
<b>Matière grasse laitière</b>			
Minimum	26	>1,5	
Maximum	<40	<26	1,5
<i>Eau maximum</i>	5	5	5

Malgré toute la panoplie des laits commercialisés, des grandes difficultés liées à sa conservation, car sa composition est favorable au développement de nombreux micro-organismes qui peuvent l'altérer et le déstabiliser, et par conséquent il change d'aspect.

Il se transforme en gel qui laisse s'échapper un liquide clair de couleur jaunâtre « *le lactosérum* » très riche en éléments nutritifs. La maîtrise de ces transformations va conduire à ce que nous appelons le fromage.

## 6. Définition de fromage

Selon les normes du *Codex Alimentarius*, c'est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum : caséines ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente.

### 6.1. Etapes de fabrication d'un fromage

Le caillage : c'est la première étape de la fabrication du fromage, appelée aussi la « *coagulation* ». Il s'agit dans un premier temps de solidifier le lait. Pour cela on procède à un rajout de « *présure* » ; L'égouttage : durant cette phase, c'est presque une quantité de 80% de l'eau contenue dans le caillé qui est extraite ; L'affinage : sa durée varie d'un fromage à un autre (de quelques semaines pour un camembert à plusieurs mois pour une pâte cuite) et évolue différemment fonction du type de pâte : les pâtes pressées ne

s'affinent que de l'intérieur, les pâtes persillées de l'intérieur vers l'extérieur et les pâtes molles de l'extérieur vers l'intérieur.

Cette étape exige un soin particulier et une très bonne connaissance des fromages. Véritable jeu de patience, affiner nécessite une surveillance constante, et un environnement adapté. Car ce sont en effet l'humidité (ou hygrométrie), la ventilation et la température ambiantes qui vont déterminer son évolution.

Par ailleurs, chaque fromage a besoin d'un affinage spécifique en fonction de son type de pâte ou de sa famille : sa durée d'affinage peut varier (de quelques semaines à plusieurs mois), tout comme le type de caves ou de "hâloirs" utilisés. Bien sûr, le degré d'affinage est aussi une question de goût.

## **6.2. 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 (**Gonzfilez Siso, 1996 ; Marwaha et al., 1988**). 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 (**Marwaha et al., 1988**). 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 (**Auliffe et al., 1982**) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (**Yang et al., 1980**).

# **Lactosérum et son utilisation**

# Lactosérum

## 1. Définition et caractéristiques du lactosérum

Le lactosérum est un sous produit de la fabrication fromagère, est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suivant l'acidification du lait (lactosérum acide) (**Morr, 1989**).

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage. La fraction liquide ainsi recueillie s'appelle le lactosérum. Ce dernier est un sous produit de la fromagerie et de la caséinerie, son pH compris entre 5 et 6,5. Il représente près de 90% du lait mis en œuvre (**Kosikowski, 1979 ; Mereo, 1980**).

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6 g/L) et riche en éléments nutritifs (**Muller et al., 2003 ; Ilker et al., 2006**).

Le lactosérum est très fermentescible et fragile. Il représente 85 à 90% du volume de lait utilisé (**Guidini et al., 1984**).

Il a une haute valeur nutritionnelle car il retient 52 et 73% des éléments nutritifs du lait lorsqu'il provient, respectivement, de la fabrication des fromages cheddar et cottage (**Knopp, 1988**).

Il représente essentiellement une source d'énergie et de carbone de part son teneur élevée (75% de la matière sèche) en lactose (**Kennedy et Cabral., 1985**).

D'autres éléments de valeur s'y retrouvent, dont les protéines (10% de la matière sèche), le calcium (0,45% de la matière sèche), le phosphore (0,40% de la matière sèche), et les vitamines hydrosolubles, sont les plus importants (**Modler, 1988**).

## 2. Types de lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. On distingue deux types de lactosérums, celui résultant de la coagulation des laits non acides, par la présure, et qu'on appelle « *lactosérum doux* » et celui résultant, de la fabrication des fromages à pâtes

fraîches, à pâtes molles ou de la caséine lactique appelée « *lactosérum acide* » (**Linden et Lorient, 1994**) (Figure 3).

### **2.1. Lactosérum acide**

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'élément minéraux, notamment le calcium et le phosphore (**Sottiez, 1990**).

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (**Moletta, 2002**).

Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation de ces lactosérums, aussi, ils sont souvent utilisés à l'état liquide. Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3,8-4,6 (**Moletta, 2002**).

### **2.2. Lactosérum doux**

Le lactosérum doux est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un sérum doux, pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (**Sottiez, 1990**).

Lorsque le lactosérum de fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam.....etc.), est de pH variant entre 5 et 6,3. Les sérums doux sont généralement déshydratés (**Morr *et al.*, 1993 et Moletta, 2002**).

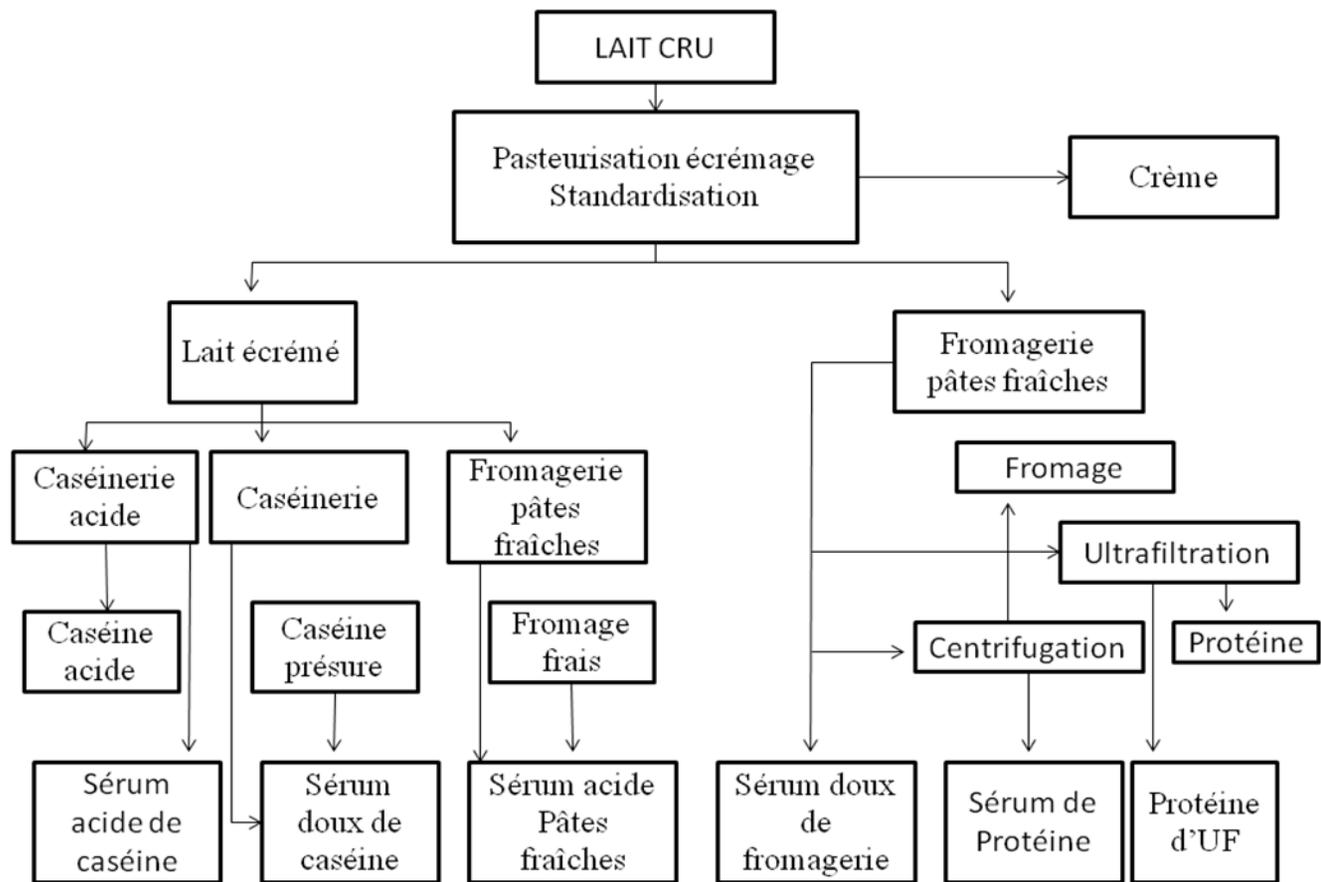


Figure 3 : schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation (Luquet et François., 1990)

### 3. Composition de lactosérum

Selon **Sottiez, (1990)**, la composition moyenne de différents types de lactosérum est indiquée par le tableau 6.

Tableau 6 : composition de différents types de lactosérum (Sottiez., 1990)

	Lactosérum doux			Lactosérum acide		Lactosérum déprotéiné (perméat doux après une ultrafiltration)
	Pâte pressée cuite (Emment-al)	Pâte pressée non cuite (Edam)	camembert	Pâte fraîche	Caséine	
Liquide (%)	93,5	95	93,5	94	94	-
Extrait sec en (%)	6,5	5,00	6,50	6,00	6,00	4,50
pH	6,70	6,50	6,10	6,00	4,60	6,40
<b>Composition en g/L</b>						
Lactose	76,00	75,0	75,00	65,5	74,00	85,00
Protéines	13,50	13,50	12,00	12,00	12,00	4,00
Cendres	8,00	8,00	8,25	9,00	12,00	9,00
Acide lactique	1,80	2,80	2,20	10,00	1,80	2,00
Matière grasse	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,00
<b>Matière minérale</b>						
Ca (%)	0,60		0,70	1,90	1,80	0,60
P (%)	0,60		0,70	1,50	1,50	0,60
Chlorure(NaCl)	2,50		2,50	2,50	7,50	2,80

Dans cette composition sont retrouvées les vitamines qui sont des vitamines hydro solubles, parmi les quelles, on note des quantités importantes de riboflavine (B2) ce qui donne la couleur jaune verdâtre du lactosérum, d'acide pantothénique (B5), thiamine (B1), de pyridoxine (B6) et l'acide ascorbique (Tableau 7) (**Woo, 2002**).

Tableau 7 : Teneur en vitamines dans le lactosérum (Linden et Lorient., 1994)

Vitamines	Concentration (mg/mL)
• Thiamine	• 0,38
• Riboflavine	• 1,20
• Acide nicotinique	• 0,85
• Acide pantothénique	• 3,4
• Pyridoxine	• 0,42
• Cobalamine	• 0,03
• Acide ascorbique	• 2,2

### 3.1. Lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de  $\alpha$  ou  $\beta$ - D- glucose et d'une molécule de  $\beta$ -D-galactose, ce qui est à l'origine de la présence de deux lactoses stéréo-isomères réducteurs (**Luquet et François., 1990**).

Le lactose est caractérisé par :

- Une solubilité limitée.
- Un pouvoir sucrant faible. Sa seule source importante dans la nature est le lait et les produits laitiers (**Visser et al., 1988**).

### 3.2. Minéraux

Selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum. Les 8 à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (**Vrignaud., 1983**).

D'après **Méreo, (1971)**, ces sels minéraux constituent les éléments indésirables « *du sérum* ». En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Mais il est

utilisé pour la préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimiques, telle que l'électrodialyse (**Linden et Lorient., 1994**).

### **3.3. Protéines du lactosérum**

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 de  $\beta$  lactoglobuline ( $\beta$ - LG),  $\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -LA), l'albumine sérique bovine (BSA), les immunoglobulines (Ig) et les protéases peptones (**De Wit, 1981; De Wit et Hontelez., 1981 ; De Wit, 1989**) (Tableau 8).

A l'échelle industrielle, ces protéines solubles sont extraites à partir du lactosérum, ce dernier contient environ 1% de protéines (**Morr et al., 1993**).

Tableau 8: teneur en composés protéiniques du lactosérum (De Wit., 1981)

Composés protéiques	Masse moléculaire (KDa)	Teneur (%)	Point isoélectrique
<b>Protéines</b>			
β- LG	18,362	50	5,2
α-LA	14,147	22	4,5 – 4,8
BSA	69,000	5	4,7 – 4,9
Ig	150,000-1000,000	12	5,5 – 8,3
Lactoferrine	80,000	<1	8,4 – 9,0
<b>Enzymes</b>			
Lactoperoxydases	78,000		9,5
Lysozyme	18,000		9,5
Phosphatase alcaline	160,000-190.000		non déterminée
Catalase	60,000	<1	5,7
Sulphydryle oxydase	89,000		non déterminée
Plasmine	non déterminée		non déterminée
<b>Peptides</b>			
Protease-peptones	non déterminée	non déterminée	non déterminée
Glyco macropeptides	7,000	10	non déterminée

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel qui est supérieure aux protéines du blanc d'œuf, prise comme protéine de référence (Sottiez, 1990).

Selon Moletta, (2002), la teneur moyenne du lactosérum en acides aminés est donnée par le tableau 9.

Tableau 9 : acides aminés essentiels (g/100 g) (Moletta., 2002)

Acides aminés	Protéines du lactosérum	Caséines
Tryptophane	1,38	1,22
Lysine	10,9	8,81
Méthionine	1,95	3,07
Cystéine	1,35	0,57
Leucine	7,09	9,8
Isoleucine	4,06	4,8
Phénylalanine	3,47	5,18
Valine	5,54	3,55
Thréonine	5,03	4,7

### 3.3.1. $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG)

La  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG) est la plus abondante des protéines du lactosérum, elle représente environ 2 à 4 g/L, ce qui correspond à 50% des protéines totales du lactosérum (Eugenia *et al.*, 2006 ; Roufik *et al.*, 2007).

Il s'agit d'une protéine globulaire de structure compacte, composée de 162 résidus d'acide aminés et dont la masse moléculaire relative est de 18,3 KDa. Jusqu'à présent, 9 variantes génétiques ont été identifiées dans cette protéine (Uchida *et al.*, 1996 ; Roufik *et al.*, 2007 et Eugenia *et al.*, 2006).

Bien que le rôle physiologique de la  $\beta$ -lactoglobuline soit encore mal défini. Cette protéine est d'une très grande qualité nutritive grâce à son contenu élevé en acides aminés essentiels, notamment la leucine et la lysine. De plus, elle est riche en méthionine et en cystéine. Principales sources de soufre (Morr, 1989 ; Hambling *et al.*, 1992 et Dibley, 1997).

### 3.3.2. Lactalbumine ( $\alpha$ -LA)

L'  $\alpha$ -lactalbumine est une protéine globulaire de structure primaire présentant de nombreuses homologies de séquences avec le lysozyme d'œuf de poule, avec 47 résidus d'acides aminés identiques sur 123, son poids moléculaire est de 14 KDa et se présente

avec une concentration de 1 à 1,5 g/L de lactosérum (environ 20% des protéines totales de lactosérum) (**Cheftel et al., 1985**).

L'  $\alpha$ -lactalbumine est une autre protéine fonctionnelle très intéressante par sa composition riche en tryptophane, qui en fait une base de fabrication de peptides destinés à l'alimentation diététique ou alicamenteuse. Cette protéine intervient comme cofacteur dans la biosynthèse du lactose, à partir du galactose et du glucose (**De Wit, 1989 ; Brew et Grobler., 1992 ; Creamer et Mac Gibbon., 1996 ; De Wit, 1998**).

### **3.3.3. Sérum albumine bovine (BSA)**

Sérum albumine bovine représente 0,1 à 0,4 g/L des protéines de lait, il est constitué de 582 acides aminés. Les liaisons des acides gras stabilisent la molécule de protéine contre la dénaturation par la chaleur. Il est soluble jusqu'à 35% à température de 3 °C dans l'eau distillée, mais subit une précipitation extensive à la température ambiante dans la gamme de 40 à 45 °C (**Morr et al., 1993 ; Lin et al., 1976 et Gumpens et al., 1979**).

### **3.3.4. Immunoglobuline (Ig)**

L'immunoglobuline se réfère à une famille hétérogène des glycoprotéines, ayant une activité d'anticorps (**Eigel et al., 1984**).

L'immunoglobuline se compose de quatre classes : IgG1, IgG2, IgA, IgM, et IgE. Ceux-ci ont été identifiés dans lait. Ces protéines sont des monomères de deux chaînes polypeptides de 20 KDa et deux chaînes polypeptides de 50 à 70 KDa qui sont liées par des ponts disulfide (**Brunner, 1977**). Le lait de vache contient 0,6 à 1,0 g/L d'immunoglobuline, 80% c'est IgG. Cette protéine est caractérisée par un plus haut dévoilement thermique que l'  $\alpha$ -lactalbumine et la  $\beta$ -lactoglobuline (**Eigel et al., 1984**).

## **4. Valorisation de lactosérum**

Les protéines de lactosérum sont utilisées comme suppléments dans l'alimentation animale et exploitées pour leurs propriétés fonctionnelles et nutritionnelles dans l'industrie alimentaire (**Sienkiewicz et al., 1992**). Les différentes sortes d'utilisation du lactosérum sont classées en trois catégories :

- **Utilisation directe** : ceci inclut l'usage de lactosérum dans l'alimentation animale, l'utilisation directe de lactosérum ou de son perméat comme ingrédient dans les aliments ou les boissons et l'irrigation de la terre par aspersion (**Audic et al., 2003 ; Kosaric et al., 1982**).
- **Stabilisation** : les techniques utilisées sont la récupération des protéines par ultrafiltration ou par dénaturation thermique, la concentration par osmose inverse et/ou par évaporation, cristallisation du lactose et le séchage (**Audic et al., 2003 ; Mawson, 1994**).
- **Procédés de conversion** : le lactose est converti en d'autres composés, tels que les acides organiques (acide acétique, propionique, lactique et succinique) obtenus par fermentation microbienne (**Jorge et al., 2006 ; Tejayadi et al., 1995 ; Yang et al., 1992**), lactulose et lactitol obtenus par des réactions chimiques (**Booij, 1985 ; Gonzfilez Siso, 1996**).

## **5. Les techniques de récupération des différentes fractions de lactosérum**

La mise en valeur du lactosérum passe par la séparation de ses différents constituants. Le premier type de séparation consiste à éliminer son principal constituant : l'eau. 15 à 20 Kg d'eau accompagnent 1 Kg de matière sèche de lactosérum cette séparation est réalisée par :

### **5.1. Osmose inverse**

Les installations d'osmose inverse permettent d'atteindre en lactosérum un extrait sec de 20%. C'est-à-dire que si l'on part d'un lactosérum à 5% de matière sèche, il pourra être concentré quatre fois par osmose inverse. Dans ce cas, 79% de l'eau aura été éliminée par osmose inverse.

### **5.2. Évaporation sous vide**

Actuellement, la plupart des évaporateurs sous vide mis sur le marché de l'industrie laitière sont à re-compression mécanique des vapeurs (**Luquet et François., 1990**). La concentration du sérum doux se fait sans problème. Par contre en ce qui concerne le lactosérum acide, il est indispensable de le désacidifier préalablement par électrodialyse sinon il y a risque de floculation des protéines (**Vrignaud, 1983**).

La seconde séparation importante est l'extraction du lactose par cristallisation. Ce sucre du lait constitue 75% de la matière sèche du lactosérum. Il existe sous forme amorphe, qui est très hygroscopique et qui risque de donner une poudre collante, et donc d'entraîner des phénomènes de collage dans la tour de séchage.

Pour faciliter la cristallisation, on doitensemencer le lactosérum concentré par 0,5 à 1% de lactose en poudre. Chaque grain de poudre va servir d'amorce à la cristallisation : la taille des cristaux sera très fine et la vitesse de cristallisation accélérée.

En troisième lieu la séparation des minéraux :

*Par électrodialyse : elle allie deux procédés :*

- a) Electro-dialyse, la propriété qu'ont les minéraux en solution de s'ioniser et, sous l'action d'un courant électrique continu, de s'orienter vers l'un ou l'autre pôle.
- b) La dialyse polarisée des sels minéraux. Entre les deux pôles sont empilées des membranes de dialyse alternativement anionique et cationique.

Les membranes anioniques vont laisser passer les anions et repousser les cations.

Les membranes cationiques vont faire l'inverse c'est à dire laisser passer les cations et repousser les anions.

Quantitativement, l'extraction des protéines vient au troisième rang. Elle ne représente que 1/10<sup>e</sup> de la matière sèche (0,8 à 0,7% de lactosérum tel quel). Bien que ces protéines soient d'une très haute valeur biologique et nutritionnelle.

## **6. Extraction des protéines du lactosérum**

La séparation des protéines, malgré leur proportion réduite, a été réalisée de quatre manières :

### **6.1. Thermo-coagulation**

C'est une méthode basée sur la précipitation des protéines de sérum par chauffage en milieu acide. Toutefois il faut signaler que si le rendement de récupération maximum se situe vers pH 5,0-5,5, la précipitation à des pH plus bas ou plus hauts permet de préparer des protéines plus solubles ou plus facilement dispersibles (**Linden et Lorient, 1994**).

## 6.2. La chromatographie d'échange d'ion

Est utilisée pour la production industrielle de concentré (90% et plus) (**Linden et Lorient., 1994**).

## 6.3. L'ultrafiltration

Est un procédé de séparation par membrane semi-perméables (**Luquet et François., 1990**). Pour la récupération des concentrés protéiques de lactosérum par ultrafiltration, ils ont remarqué que ces concentrés protéiques ont toutes les propriétés désirées (**Christine et al., 1986**)

## 7. Formes de protéines de lactosérum

Sont proposées sous plusieurs formes est donnée par la figure 4.

- isolats protéiques de lactosérum (WPI, *whey protein isolate*) obtenus par chromatographie sur résine échangeuses d'ions. ils ont une teneur en protéines d'environ 90% (**France-Agri-Mer, 2013**) (Figure 4).
- concentrés protéiques de lactosérum (WPC, *whey protein concentrate*) obtenus par élimination (précipitation, filtration ou dialyse) des constituants non protéiques du lactosérum de manière à obtenir une poudre contenant au minimum 25% de protéines. Généralement les WPC contiennent entre 30% et 80% de protéines (**France-Agri-Mer, 2013**).

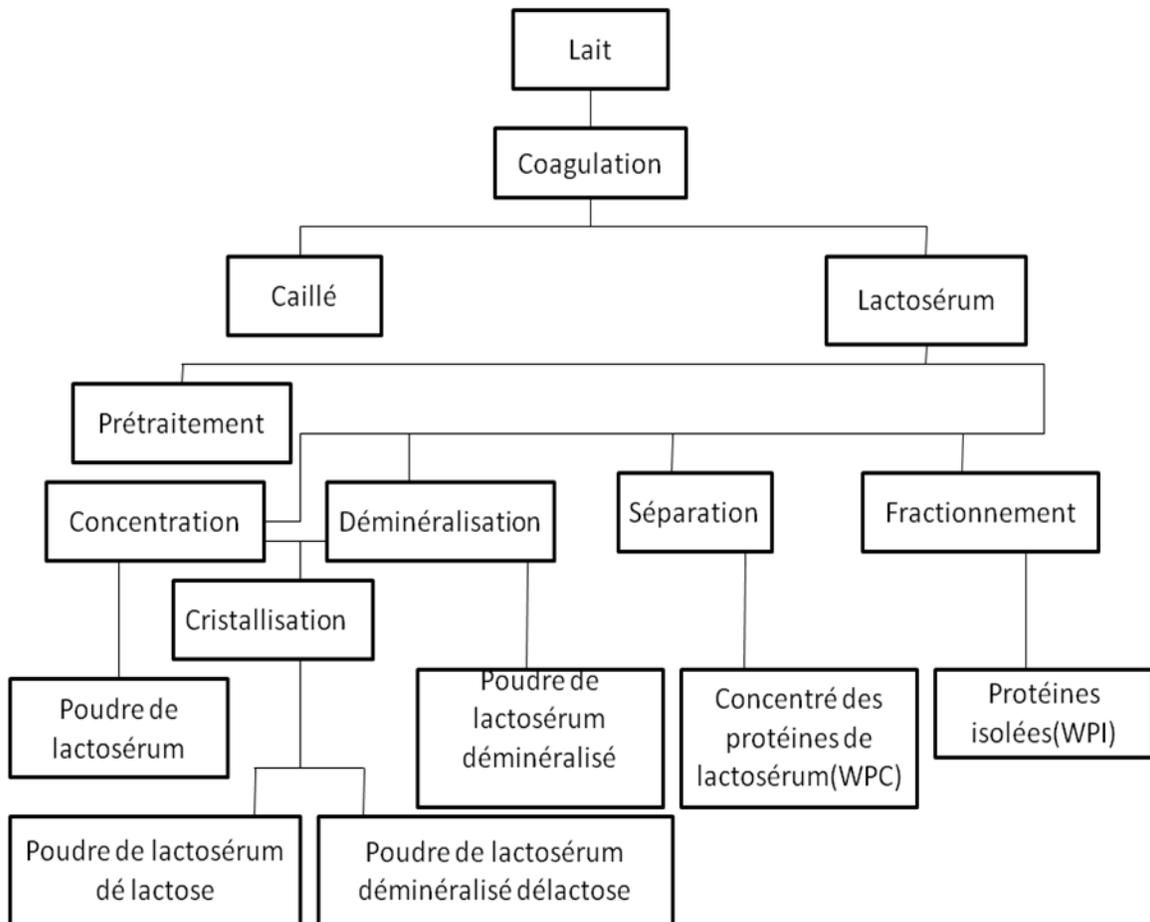


Figure 4: valorisation du lactosérum (France Agri-mer., 2013)

## 8. Principales utilisations de la poudre de lactosérum et des WPC

Les concentrés de protéines sériques (WPC) de bonnes qualités organoleptiques sont principalement utilisés dans l'alimentation animale, la fabrication des fromages frais, des produits diététiques, glaces, sauces. Les concentrés de protéines sériques sont très recherchés en diététique en raison de leur très haute valeur nutritive. Les produits pour sportifs, seniors et pour le contrôle du poids à base de protéines sériques sont en constant développement dans le monde (François L, 1990) (Figure 5).

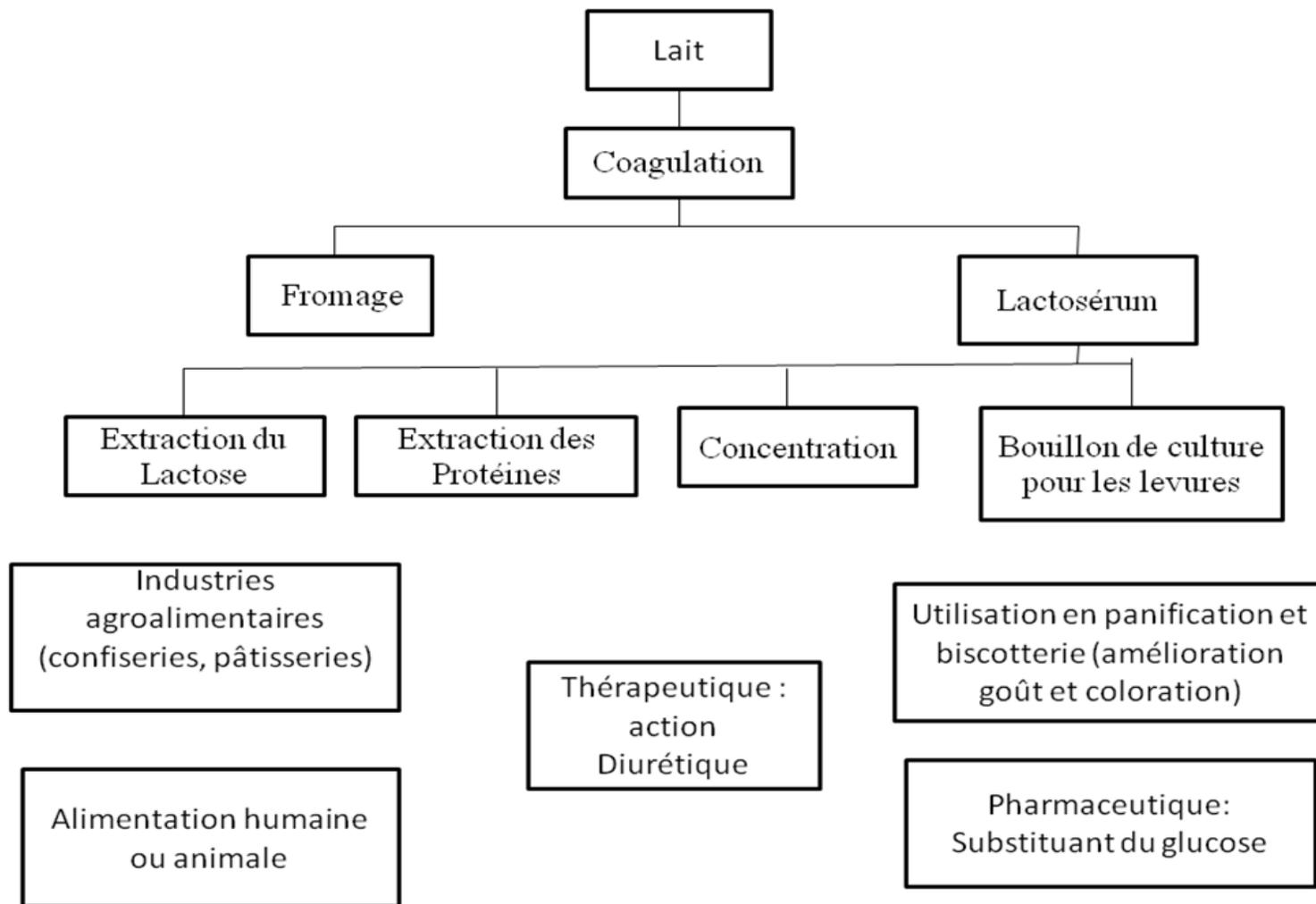


Figure 5 : principales utilisation de lactosérum (Benslama A, 2015)

# Biscuits

## 1. Définition du biscuit

L'origine du mot biscuit est « *Bis-Cuit* », qui signifie subir une double cuisson. A ses débuts, le biscuit étant en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité (Kiger J.L. et Kiger J.G., 1967 ; Menard *et al.*, 1992). Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il sera plus juste d'entendre le terme biscuit par « *bien cuit* » (Kiger J.L. et Kiger J.G., 1967).

A ce biscuit peut être attribuée la définition suivante : « *C'est un aliment à base de farines alimentaires, de matière sucrantes, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle)* » (Kiger J.L. et Kiger J.G., 1967 ; Mohtedji-Lambalais., 1989).

## 2. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications.

Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (Kiger J.L. et Kiger J.G., 1967 ; Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Feillet, 2000) :

✚ Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60% de la consommation de biscuits.

✚ Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle (à ne pas confondre avec la pâtisserie fraîche). Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que boudoirs, langues de chat et d'articles moelleux tels que génoises, madeleines, cakes, macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses. Ils représentent environ 26,5% de la consommation.

✚ Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes (10,5% de la consommation).

Plusieurs facteurs peuvent influencé la qualité des biscuits tels que ; la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et en fin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**Maache-Rezzoug et al., 1998b ; Manohar et Rao., 2002**).

### **3. Principaux ingrédients des biscuits**

Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients sont, la farine, l'eau, le sucre et la matière grasse. Une variété de forme et de textures peut être produite en changeant les proportions de ces ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998a ; Chevallier et al.,1999 ; Feillet, 2000**).

#### **3.1. La farine**

Malgré la diversité des produits rencontrés en biscuiterie (plus de 800 références reconnues à ce jour), la farine de blé reste la matière première principale de ce secteur. Elle constitue un élément clé de la qualité des produits de biscuiterie. C'est par exemple le cas des biscuits secs et des goûters, qui représentent la part la plus importante des références biscuitières, dont la farine représente plus de 60 Kg par 100 Kg de biscuit (**Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Selseletattou, 1991 ; Menard et al., 1992 ; Tharrault, 1997 ; Feillet, 2000**).

#### **3.2. La matière grasse**

En biscuiterie, les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (**Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Feillet, 2000**). Celles-ci permettent d'accomplir un nombre considérable de fonctions telles que (**Kiger J.L. et Kiger J.G., 1967 ; Stauffer, 1998**) :

- ✓ *Plasticité,*
- ✓ *Contribution structurale,*
- ✓ *Incorporation et stabilisation d'air,*
- ✓ *Transfert de chaleur,*
- ✓ *Qualités organoleptiques et nutritionnelles.*

#### **3.3. Le sucre**

Le sucre est le troisième élément important dans la fabrication des biscuits. Il représente de 15 à 25% dans la formule d'un biscuit sec, et plus de 25% en pâtisserie industrielle. Le

saccharose, ajouté à l'état cristallin, est le plus employé. En plus de son pouvoir sucrant, il contribue à la formation des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits (Feillet, 2000).

### 3.4. L'eau

L'eau est un ingrédient essentiel dans la formation de la pâte. Elle a un rôle complexe, en déterminant l'état de conformation des bio-polymères. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et des hydrates de carbone et pour le développement d'un réseau de gluten. Elle affecte la nature des interactions entre les divers constituants de la formule et contribue à la structuration de la pâte (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998a).

### 3.5. Les œufs

Les œufs apportent de la légèreté et du « moussant » aux recettes, comme pour les boudoirs, les madeleines, les meringues et les génoises. Prenant couleur à la cuisson, ils permettent aussi de donner du doré aux biscuits.

## 4. Critères de qualité d'un biscuit

Dans les procédés industriels, dont font partie les industries de la biscuiterie, la productibilité des lignes dépend du respect des critères de qualité des produits fabriqués. Pour un biscuit, il s'agit de satisfaire à des contraintes dimensionnelles, de poids, de couleur, de goût et de texture. Cette dernière entre pour une part importante dans l'appréciation qualitative d'un biscuit sec par le consommateur. Elle est en outre un indicateur de la fraîcheur du produit. Des mesures simples comme les dimensions, la teneur en eau ou encore la masse volumique apparente (densité) peuvent, dans un premier temps renseigner de façon satisfaisante sur les propriétés texturales d'un biscuit sec. Ainsi, à un produit aéré correspond une texture qualifiée de « friable » (Tharrault, 1997).

En outre, les propriétés texturales des biscuits secs peuvent être directement caractérisées.

Ainsi, lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée selon une direction donnée, une déformation instantanée et irréversible peut provoquer une rupture partielle ou totale de l'échantillon. Plusieurs méthodes et types de sollicitation mécanique ont été employés. La pénétromètre conique est l'une des méthodes mécaniques mettant en place une compression renouvelée, couplée éventuellement à un cisaillement, permet d'enregistrer des courbes force

déplacement à partir desquelles des paramètres de texture ont été calculés par détermination du nombre et de l'amplitude des pics (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998a ; Tharrault, 1997).

## II. Matériel et méthodes

### 1 Site de travail

#### ○ Laiterie *BENI FOUGHEL*

L'unité *Beni Foughel* d'EL Fedjoudj est une laiterie privée, située dans la zone industrielle la commune d'El Fedjoudj à willaya de Guelma, le démarrage des activités de production a été effectif en le **06 Juin 2002**. Cette laiterie fabrique :

- ✓ Le lait cru de vache.
- ✓ Le lait reconstitué.

La laiterie *Beni Foughel* est constituée d'un bloc administratif, d'un laboratoire d'analyses physico-chimiques et d'un atelier de fabrication. Ce dernier est à son tour réparti en :

- ✓ Un service de collecte.
- ✓ Une chaîne de fabrication de lait cru et du lait pasteurisé conditionné (LPC).
- ✓ Une chambre froide.
- ✓ Une station de traitement des eaux.
- ✓ Un magasin de stockage de matière première.
- ✓ Un magasin de distribution.

### 2 Matière première

#### 2.1 Lait de vache

Le lait de vache arrive à l'usine en vrac dans des camions citernes isothermes. Dès sa réception à la laiterie, un échantillon de lait est prélevé pour effectuer les tests rapides : acidité, densité et température.

Dans le cas de résultat positif la vidange est effectuée.

##### 2.1.1 Procédé de fabrication du lait cru au niveau de la laiterie *Beni Foughel*

Comme c'est illustré dans la figure 6, la fabrication se fait selon les étapes suivantes :

### **La collecte**

Le lait est collecté dans des camions à citernes isothermes réfrigèrent à partir des différentes fermes.

### **La réception**

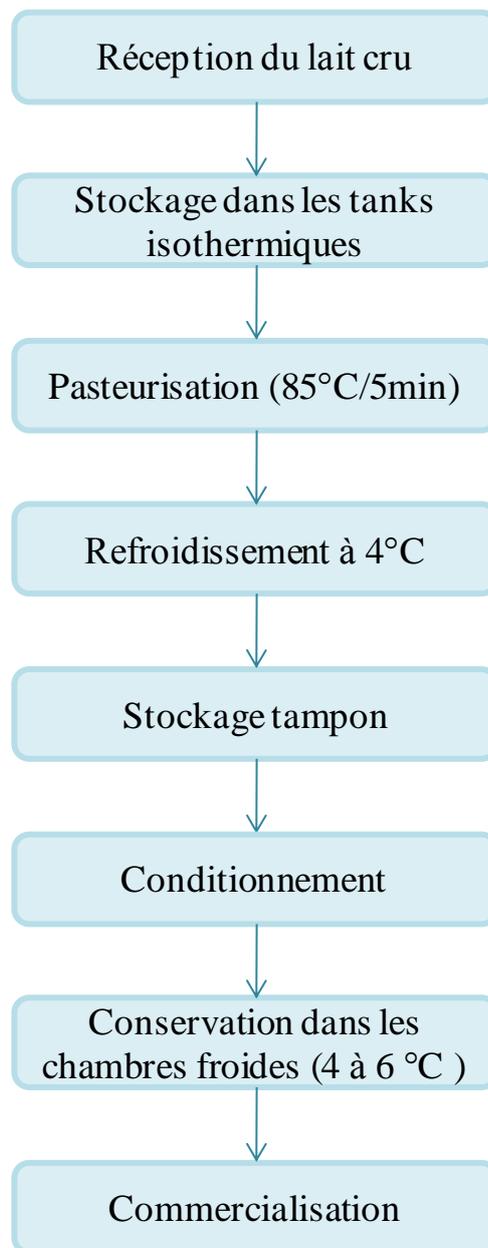
A l'arrivé de au quai de l'usine, le lait est sélectionné au frais, et subit un contrôle immédiat de l'acidité doronic, la densité, le pH et la température avec un test d'ébullition avant d'être accepté puis après l'acore il passe par des filtres afin d'éliminer les grosses impuretés physiques vers une cuve réfrigérateur entre 4 et 6 °C ce qui empêche la multiplication de plusieurs germes qui se trouvent dans le lait cru.

### **Le traitement**

Le lait est acheminé vers les tanks au niveau de la pasteurisation et pasteurisé à 85 °C avec un temps de pose de 25 secondes, puis stocké dans un tank après pasteurisation et conditionné dans des sachets spéciaux de lait de vache.

### **Stockage**

Les sachets sont placés dans des casiers et stockés dans la chambre froide de 4 à 6 °C jusqu'à le transport avec des camions frigorifiques vers le consommateur.



*Figure 6: diagramme de fabrication du lait cru au niveau de la laiterie Beni Foughel*

## **2.2 Lait reconstitué**

### **2.2.1 Poudre du lait**

Deux types de lait en poudre sont utilisés :

- ✓ La poudre de lait écrémé [0% de matière grasse (MG)].
- ✓ La poudre de lait entier [26% de matière grasse (MG)].

La poudre de lait entier et écrémé provient de l'Office National Interprofessionnel du Lait (ONIL), elle est importée de la Nouvelle Zélande, conditionnée dans des sacs de 25 Kg

en polyéthylène recouvert de trois couches de papier cellulosique, ils sont remplis à sous vide pour éviter l'oxydation.

Dans l'usine, ses sacs sont placés sur une base de bois à l'abri de la pluie et de soleil dans des chambres appelées dépôts.

### **2.2.2 Eau de reconstitution**

L'eau de reconstitution doit être potable et répondre aux standards fixés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Sur le plan microbiologique, elle ne doit contenir aucun germe pathogène, et sur le plan physico-chimique elle ne doit contenir ni pesticides ni nitrates et avoir une dureté totale comprise entre 0 et 15 °f et un pH voisin de la neutralité.

Durant notre stage nous avons :

- ✓ Observé le processus de fabrication.
- ✓ Faire des analyses physico-chimiques et organoleptiques sur le lait reconstitué et le lait de vache.

### **2.2.3 Procédé de fabrication du lait reconstitué au niveau de la laiterie**

Comme c'est illustré dans la figure 7, la production du lait reconstitué partiellement écrémé au niveau de la laiterie *Beni Foughel* se fait selon les étapes suivantes :

#### **✚ Reconstitution**

Elle est réalisée dans un triblinder (une cuve avec un agitateur). Le mélange de lait reconstitué est fait dans le respect des normes nationales (**JORADP., 1998**). La poudre est mélangée avec une eau traitée et des traces d'amidon (0,5%).

Le mélange est ensuite envoyé vers les tanks isothermes.

#### **✚ Stockage**

Le lait reconstitué est stocké dans deux tanks de 2000 L où il subit une agitation continue pour augmenter la dispersion et la dissolution des poudres de lait dans l'eau, et aussi pour éviter la formation d'agglomérats.

#### **✚ Filtration**

Le lait reconstitué soutiré du tank par une pompe centrifuge, passe ensuite à travers des filtres cylindriques pour l'élimination de toutes impuretés macroscopiques (ex : les grumeaux).

## **Pasteurisation**

❖ **Principe** : c'est un procédé de conservation des aliments qui consiste à chauffer ces derniers à une température définie, pendant une durée elle aussi définie et à une pression généralement ambiante.

Le lait destiné à la production du fromage est pasteurisé à la température de 75 °C avec une pause de 25 sec, le lait destiné à la production de yaourt est pasteurisé à la température de 90 °C avec une pause de 180 sec, tandis que le lait à boire est pasteurisé à une température de 85 °C avec une pause de 25 sec.

❖ **Déroulement de l'opération** : le chauffage du lait se fait à la vapeur sous une pression de 3 bars dans un pasteurisateur à plaque, la température de la vapeur est maintenue à deux degrés au dessus de celle du lait.

Le lait traité est ramené à une température de 15 °C puis à 4 °C.

❖ **Stockage tampon** : le lait pasteurisé s'il n'est pas directement conditionné, il est stocké dans deux tanks de 2000 L est porté à une température comprise entre 4 et 6 °C.

## **Conditionnement et stockage**

❖ **Conditionnement** : la conditionneuse est un bloc semi-automatique divisé en deux compartiments similaires fonctionnant en parallèle. La bobine du film plastique est placée en arrière de la conditionneuse. Le film est ensuite stérilisé par des rayons ultraviolets émis par des lampes se trouvant en haut de l'appareil.

Après stérilisation, une soudure longitudinale est réalisée par un thermo-soudeur. Le remplissage des sachets se fait par une pompe doseuse située en partie haute de l'appareil.

Une fois le volume désiré (1 litre) est atteint une soudure horizontale permet la fermeture du sachet rempli. Ce dernier passe par un dateur mécanique puis il est récupéré en bas de la conditionneuse sur un tapis roulant sur des chaînes. Ensuite les sachets remplis sont mis en bacs par les ouvriers.

❖ **Stockage** : dans des casiers les sachets du lait sont placés puis stockée dans la chambre froide à 4 °C et enfin, c'est la phase de commercialisation.

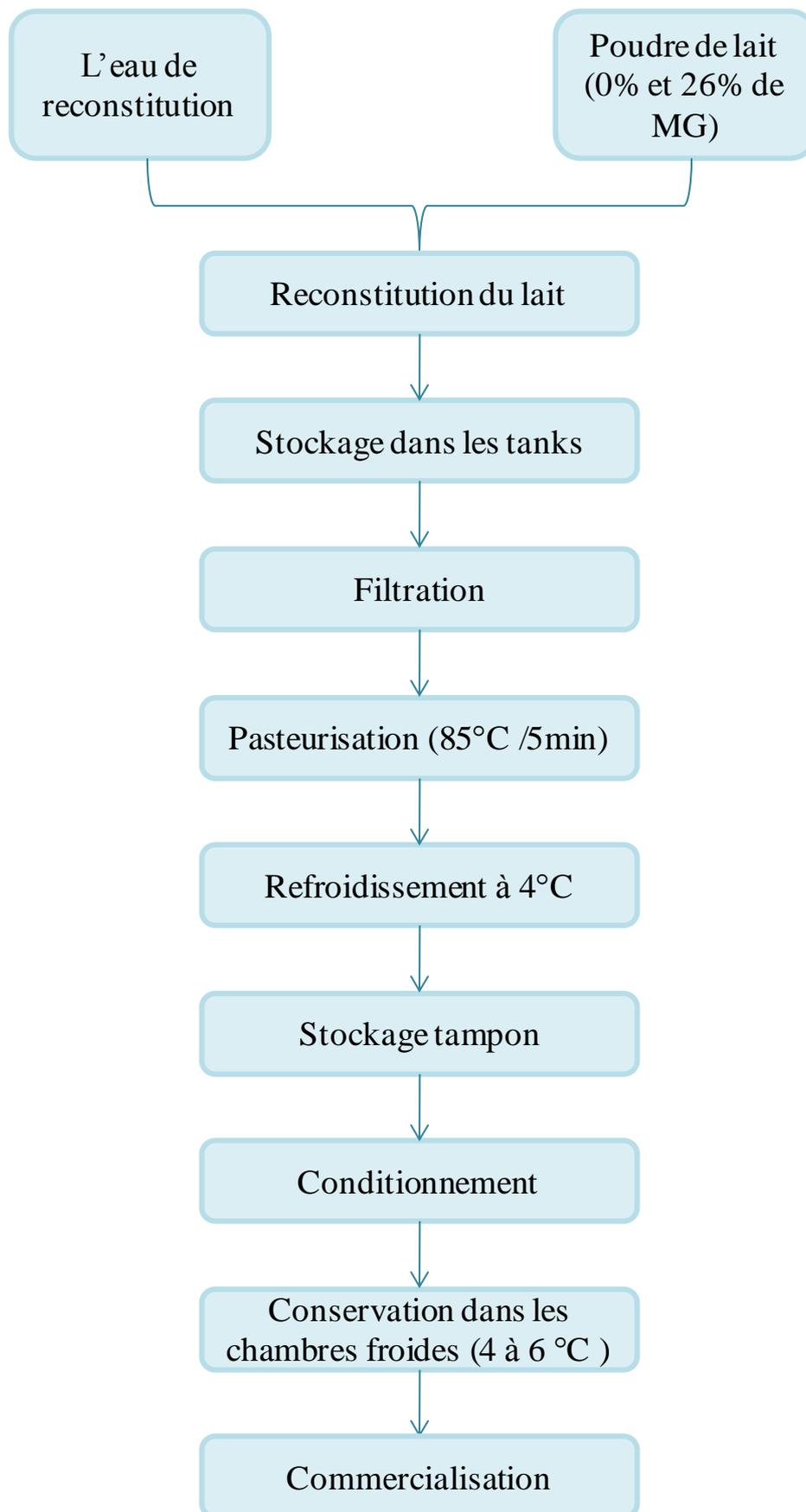


Figure 7: diagramme de fabrication du lait reconstitué au niveau de la laiterie Beni Foughel

### 3 Analyses physicochimiques

#### 3.1 Détermination de la densité et la température

##### Définition

La densité du lait désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20 °C et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**).

La densité de lait d'une espèce donnée, n'est pas une valeur constante, elle varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse. La densité de lait de vache est comprise entre 1030 et 1033 à une température de 20 °C, à des températures différentes, il faut effectuer une correction. La densité est mesurée par le thermo-lacto-densimètre (**Alais, 1984**). D'après *Vignola*, la densité du lait augmente avec l'écémage, et diminue avec le mouillage (**Vignola, 2002**).

❖ **Principe** : la densité est déterminée à 20 °C à 25 °C par un thermo-lactodensimètre. Cependant, et si la température est supérieure ou égale à 25 °C, il faut appliquer un facteur de correction.

❖ **Appareillage** : un thermo-Lactodensimètre, et une éprouvette cylindrique sans bec, de hauteur apportée à celle de lactodensimètre et de diamètre intérieur supérieur de 9 mm au moins au diamètre de la carène de thermo-lactodensimètre.

##### ❖ **Mode opératoire** :

- Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air (environ 250 mL).
- Remplir l'éprouvette jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de thermo-lactodensimètre (il est commode de repérer ce niveau par un trait de jauge sur l'éprouvette).
- L'introduction de thermo-lactodensimètre dans l'éprouvette pleine de lait provoque un débordement de liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture.
- Placer l'éprouvette ainsi remplie en position verticale, il est recommandé de la plonger dans le bain à 20 °C lorsque la température du laboratoire n'est pas comprise entre 18 et 22 °C.

- Plonger doucement le thermo-lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette en le retournant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre.
- Attendre 30 sec à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation (Figure 8).



Figure 8 : mesure de la densité et la température par thermo lactodensimètre

❖ **Expression des résultats** : elle se fait par une lecture directe de la valeur de la densité et la température sur le thermo-lactodensimètre.

❖ **Corrections** : elle se fait comme suit :

- Si la température est supérieure à 20 °C, il faut ajouter 0,2 pour chaque degré en plus.
- Si la température est inférieure à 20 °C, il faut retrancher 0,2 pour chaque degré en moins.

### 3.2 Détermination de l'acidité titrable

#### ✚ Définition

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR., 1985). Elle permet de juger l'état de conservation du lait, et elle résulte d'une titration qui consiste à ajouter au lait un volume nécessaire de solution alcaline titrée pour atteindre le point de virage d'un indicateur (phénolphtaléine).

Elle est exprimée en "degré Dornic" (°D), ce dernier exprime la teneur en acide lactique: 1 °D = 0,1 g d'acide lactique par un litre de lait. L'acidité titrable est comprise entre 15 °D et 18 °D (Alais, 1984). Elle varie entre 0,13% et 0,17% d'équivalent d'acide lactique (Vignola, 2002).

❖ **Principe** : titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

❖ **Réactifs** : les réactifs doivent être de qualité analytique. L'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de l'eau de pureté au moins équivalente.

➤ Solution de phénolphtaléine à 1% (m/v) dans l'éthanol à 95%.

➤ Solution titrée d'hydroxyde de sodium 0,1 N.

❖ **Mode opératoire** : à l'aide d'une pipette graduée, une quantité de 10 mL de lait est prélevée, puis 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à 1% sont ajoutées. Ensuite titrage par NaOH (N/9) est effectué jusqu'à l'apparition d'une couleur rose claire qui indique la fin du titrage (Figure 9). L'acidité en degré Dornic, est indiquée par le nombre de dixième de mL de soude (N/9) utilisée.



Figure 9 : mesure de l'acidité titrable

❖ **Expression des résultats** : l'acidité s'exprime en gramme d'acide lactique par litre de lait. Ainsi  $1^{\circ}D = 1$  mg d'acide lactique dans 10 mL de lait, soit 0,1 g/L ou 0,01% d'équivalent acide lactique.

### 3.3 Épreuve de l'ébullition

#### ✚ Définition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C. Cette

propriété physique diminue avec la pression. On applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (**Vignola, 2002**).

Dans un tube, une quantité de 2 à 5 mL de lait est introduite et porter à l'ébullition. Si le lait est normal, le liquide reste homogène après quelques instants d'ébullition et au refroidissement il se forme en surface une pellicule blanche, plissée (formée principalement de carbonates de calcium, de protides et de matière grasse) (Figure 10).

Les laits riches en albumine (colostrum des quelques jours qui suivent le vêlage et d'une manière générale, les laits normaux caractérisés), ainsi que les laits acidifiés (au-dessus de 25 °D) coagule par ébullition (**Thieulin et Vuillaume., 1967**).



*Figure 10: test d'ébullition*

## **4 Lactosérum**

### **4.1 Obtention du lactosérum**

Après un caillage d'un litre (1 L) de lait pasteurisé (Marque *Beni Foughal*) provoqué par une coagulation acide (Fermentation spontanée à une température ambiante, durant 4 - 5 jours) accompagné d'un traitement thermique, un liquide jaunâtre apparaît. C'est le lactosérum, qui est ensuite récupéré par un égouttage sur un tissu fin pour des analyses bactériologiques (Figure 11).



Figure 11 : récupération du lactosérum

#### 4.2 Analyses bactériologiques

Le but des analyses microbiologiques est de mettre en évidence les germes qui peuvent exister dans le lactosérum, et d'évaluer la qualité hygiénique et bactériologique de ce petit lait.

✚ **Prélèvement du lactosérum :** après une fabrication artisanale du *Klila* (*frommage traditionnel*), le prélèvement du lactosérum a été effectué dans un flacon stérile à l'aide d'une louche stérilisée (coton imprégné d'alcool en flamme) après un brassage du caillé, en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains).

#### ✚ Matériels de laboratoire et les milieux de culture

##### ❖ Matériels de laboratoire

Le matériel utilisé (tubes et flacons) est stérilisé à l'autoclave (121 °C) pendant 15 min et refroidis avant utilisation. Suivant les techniques employées et selon les souches à identifier, ci dessous les milieux de culture utilisés :

- **Gélose lactosée au Désoxycholate :** il permet :
  - le dénombrement des coliformes totaux.
  - l'inhibition des microorganismes à Gram positive, elle est essentiellement due à l'action du Désoxycholate de sodium ou les citrates de sodium.
  - la différenciation des entérobactéries, qui est fondée sur la capacité de ces germes à fermenté le lactose.

○ **Gélose a l'extrait de levure (Plate Count Agar PCA) :**

Les substances nutritives apportées par la Tryptone, les facteurs vitaminiques de l'extrait de levure et le glucose favorisent la croissance des bactéries aérobies mésophiles à dénombrer.

○ **Gélose glucosé viande-foie :**

Il est utilisé pour le dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteur, car :

- la peptone et le glucose (source d'énergie) favorisent le développement des germes anaérobies.
- l'amidon favorise la germination des spores.
- les germes anaérobies réduisent le sulfite en sulfure qui en présence de fer, provoque le noircissement des colonies par formation de sulfure de fer.

○ **Gélose Chapman au mannitol :**

Permet le dénombrement des staphylocoques pathogènes :

- la forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plupart des bactéries autre que les staphylocoques.
- la fermentation du mannitol, mise en évidence par le virage au jaune de l'indicateur pH (rouge de phénol), permet d'orienter le diagnostic.
- la mise en évidence des staphylocoques pathogènes devra être confirmé par la recherche de la coagulase et éventuellement de la désoxyribonucléase et de la phosphatase.

○ **Bouillon sélénite-cystine :**

Il est utilisé pour l'enrichissement sélectif des salmonelles, car :

- La teneur en sélénite permet d'assurer l'inhibition des microorganismes autres que les salmonelles et notamment des coliformes et des entérocoques.
- Le phosphate disodique contribue à assurer le maintien du pH et à réduire la toxicité du sélénite afin d'augmenter la capacité de récupération du milieu.

○ **Gélose SS :**

- Gélose *Salmonella-Shigella*.
- Milieu sélectif permettant l'isolement d'entérobactéries pathogènes.
- Il est très utilisé pour la recherche de *Salmonella* dans les selles et les denrées alimentaires peu pour les *Shigella* car trop sélectif.

- **Gélose de Sabouraud :**
  - La gélose de Sabouraud constitue un milieu classique pour la culture, l'isolement et l'identification des levures et des moisissures saprophytes ou pathogènes.
  - Elle est recommandée essentiellement pour l'isolement des moisissures dans les prélèvements peu chargés en bactéries, les contrôles de stérilité des produits alimentaires, la culture des moisissures en vue de réaliser leur identification.
- **Gélose MRS :**
  - La gélose MRS (de De Man, Rogosa et Sharpe) est utilisée pour la culture et le dénombrement des *Lactobacillus* dans les produits laitiers et les autres produits alimentaires ainsi que dans les produits destinés à l'alimentation animale. Ce milieu permet de cultiver des germes à croissance ralentie tels que *Lactobacillus brevis* et *Lactobacillus fermentum*.
- **Bouillon M17 :**
  - Il a été mis au point pour les cultures et dénombrement des lactocoques dans le lait et les produits laitiers. Il favorise la culture des mutants incapables de fermenter le lactose. Il est bien adapté à la culture de *Lactococcus lactis* qui est un microorganisme particulièrement exigeant.
- **Gélose VRBL :**
  - La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) est un milieu sélectif utilisé pour les recherches et dénombrement des coliformes dans le lait, les produits laitiers et les autres produits alimentaires.

#### ❖ Préparation des dilutions décimales

On utilise des dilutions pour faciliter le dénombrement des germes. Au début, dans des tubes à essai stérilisés (autoclave pendant 20 min à 120 °C et une pression de 1 bar), un volume de 9 mL d'eau physiologique stérilisée est introduit.

A l'aide d'une micropipette un volume de 1 mL de solution mère (lactosérum) est introduit dans un tube contenant 9 mL de diluant (eau physiologie stérile) à la température ambiante. Une dilution de  $10^{-1}$ , puis à partir de cette dernière, 1 mL de solution est introduite dans un autre tube donnant ainsi une dilution de  $10^{-2}$  et ainsi de suite jusqu'au dernier tube.

### ❖ **Ensemencement**

L'ensemencement a été fait suivant la méthode de l'inoculation en masse, où un volume de 1 mL de chaque dilution est introduit dans une boîte de pétri stérile, sur laquelle un milieu de culture liquide et maintenu à une température de  $45 \pm 5$  °C (grâce à un bain-marie) est coulé préalablement.

Les boîtes de pétri sont ensuite homogénéisées. Les boîtes sont laissées à solidifier sur la paillasse avant l'incubation à l'étuve. Toutes les manipulations ont été effectuées autour d'une flamme et sur une paillasse préalablement bien nettoyée à l'eau de javèle afin d'éviter toute contamination.

### ❖ **Incubation et la lecture**

L'incubation, la lecture ainsi que le calcul du nombre de germes ont été faits dans le respect des normes en vigueur pour chaque type de microorganisme.

On dénombre toutes les colonies apparentes sur le milieu de culture dont le nombre est de 300 germes/mL en maximum. Le résultat obtenu est multiplié par l'inverse de la dilution, et ensuite comparé avec les normes (**JORADP, 1998**).

### ❖ **Numération ou dénombrement des germes**

Le dénombrement des microorganismes a été fait uniquement sur milieu solide.

#### ○ *La flore totale*

La numération de la flore totale (aérobie mésophile) a été effectuée selon la Norme internationale ISO 4833, Mai 2003. L'ensemencement a été fait sur le milieu « *gélose Plate Count Agar-PCA* » et les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant  $72 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ .

#### ○ *Les coliformes totaux et fécaux*

Les coliformes ont été dénombrés selon la norme internationale ISO-4832, Février 2006 pour les *totaux* et la norme Française V08-060, Avril 2009 pour les *fécaux*.

L'ensemencement a été fait sur le milieu « *gélose Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (agar VRBL)* ». Les boîtes ont été incubées à 37 °C et à 44 °C à l'étuve pour les coliformes totaux et fécaux respectivement pendant  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ . Les colonies caractéristiques, de chaque indice microbiologique, ont été comptées après la période d'incubation.

Pour le calcul du nombre «N» de microorganismes par gramme d'échantillon, la même formule que pour la flore aérobie a été utilisée.

Dans le cas où il n'y a aucune colonie caractéristique sur les boîtes au niveau de la suspension mère, on exprime les résultats comme suit :

**N = moins de 10 Coliformes / g d'échantillon.**

○ *Les levures et moisissures*

La norme internationale ISO-7954, Août 1988 a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. L'ensemencement a été réalisé sur le milieu Gélose de Sabouraud (la gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol). Les boîtes ont été incubées à 25 °C à l'étuve pendant 5 jours et les colonies ont été comptées après chaque 24 h. Au bout de la durée d'incubation le nombre total de colonies a été calculé.

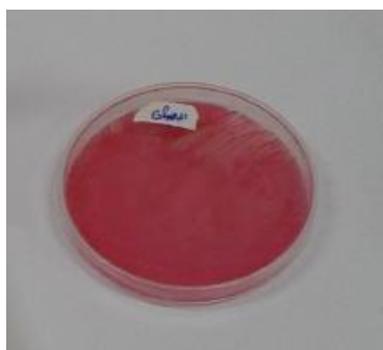
Le nombre "N" de microorganismes par gramme d'échantillon a été déterminé en utilisant l'expression précédente.

Dans les cas où il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère, on exprime les résultats comme suit :

**N = moins de 10 levures et moisissures/ g d'échantillon**

○ *Dénombrement des staphylocoques*

Pour les staphylocoques, un enrichissement dans le Milieu Chapman est effectué (Figure 12), puis le lactosérum est déposé à l'aide d'une pipette pasteur. Ensuite, les boîtes ont été incubées pendant 48 h à 37 °C.



*Figure 12 : ensemencement de lactosérum sur le milieu de Chapman*

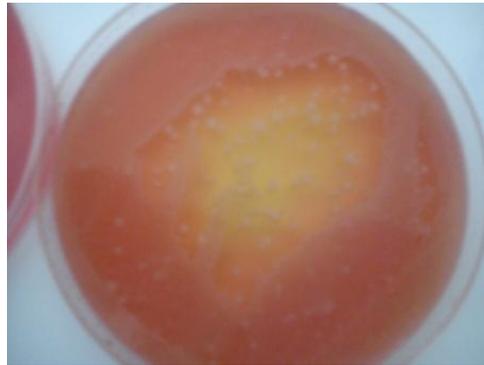


Figure 13 : colonies jaunâtre (*Staphylocoque*) après l'ensemencement et l'incubation

○ **Dénombrement des salmonella**

Un enrichissement sur milieu SS (*Salmonella Shigella*) a été réalisé, et dans le milieu bouillon SFB (Figure 14), ensuite les boîtes ont été incubées pendant 24 h à 37 °C.



Figure 14 : recherche de salmonelle dans le milieu bouillon SFB

○ **Dénombrement les bactéries lactiques**

Les bactéries lactiques sont dénombrées sur la gélose de milieu MRS (Man Rogosa Sharpe, Difco, Detroit, États-Unis), les boîtes ont été incubées pendant 48 h à 30 °C.

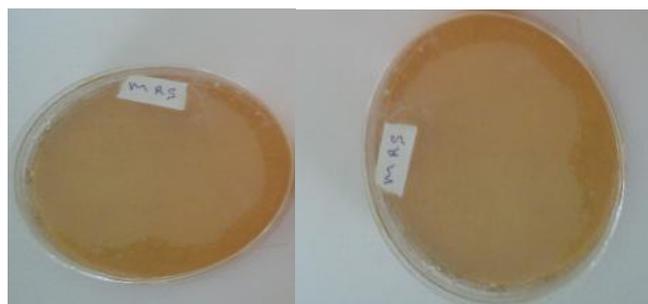


Figure 15 : dénombrement avant et après l'incubation

- ***Clostridium***

Un volume de 5 mL de lactosérum dans un tube à vis, ensuite le tube a été chauffé dans un bain marie pendant 7 min, puis refroidi par l'eau froide. Après ce choc thermique, un volume de 20 mL de milieu a été rajouté. Une couche d'huile de vaseline est appliquée pour l'anaérobie (Figure 16).



Figure 16 : recherche de *Clostridium* dans le milieu de viande foie

- ***Germes aérobies***

Le milieu de culture (*Hectoïne*) a été refroidi et maintenu à une température de 44 - 47 °C. Ensuite, un volume de produit à analyser a été chauffé afin de détruire les formes végétatives et d'activer les spores, puis transféré dans un tube contenant (milieu et 5 mL de l'inoculum en évitant au maximum d'incorporer d'air).

Une homogénéisation a été effectuée (retournement complet des tubes). Les tubes ont été refroidis dans un bain d'eau glacée, et incubés à 37 °C pendant 24 et 48 h. Le dénombrement des colonies entourées d'un halo noir a été effectué.



Figure 17 : recherche des germes aérobies dans le milieu *Hectoïne*

## 5 Obtention de la poudre de lactosérum

Dans cette étude, un premier test de lyophilisation a été réalisé pour obtenir la poudre de lactosérum. Malheureusement, suite à des soucis techniques lors de la première étape de la lyophilisation (la concentration), cette phase de notre projet a été abandonnée.

La phase de concentration du lactosérum a été débutée dans un évaporateur rotatif sous vide de type BUCHI Rotavapor R-215 à une température 45 °C à 55 °C, une pression de 0,2 à 0,3 bar et à une rotation de 125 trs/min, mais elle n'a pas pu être menée jusqu'au bout.

### ○ *Principe de la lyophilisation*

Elle consiste à extraire l'eau contenue dans les substances organiques ou minérales par interaction des techniques du vide et du froid. Trois étapes constituent cette opération : la concentration ; la congélation et la lyophilisation proprement dite.

En pratique, le produit, préalablement congelé à basse température, est placé dans une enceinte sous vide. L'abaissement de la pression en dessous du point d'équilibre (*point triple*) sur la courbe de tension de vapeur de l'eau entraîne une sublimation de la glace, c'est-à-dire que l'eau à l'état de glace s'élimine sous forme de vapeur sans passer par l'état liquide. Un cycle de lyophilisation comporte plusieurs phases : la congélation du produit, la déshydratation.

## 6 Incorporation du lactosérum dans des gâteaux secs

### 6.1 Préparation des gâteaux secs

○ *Ingrédients* : 500 g de farine ; 100 g de poudre de lactosérum, un œuf ; 250 g de margarine ; 100 g de sucre glace.

○ *Préparation* :

Une pâte a été réalisée. Puis étalée finement, découpée et enfin cuite durant 20 min à une température de 160 °C.



Figure 18 : gâteau sec enrichi au lactosérum

## 6.2 Analyses sensorielles des qualités organoleptiques des gâteaux secs

### 6.2.1 Choix de test : épreuve hédonique

L'épreuve hédonique a été choisie pour pouvoir cerner les préférences des consommateurs finaux de produit. C'est un test simple à mettre en place et relativement peu coûteux, ce test « consommateurs » permet également de connaître le degré d'appréciation du produit par les utilisateurs finaux.

#### ○ *Choix du panel de dégustateurs*

Le test a été réalisé selon la procédure de **Seczyk L et al., (2016)** ; où un panel a été randomisé et constitué de 28 personnes : âgées entre 18 - 63 ans, de deux sexes (hommes et femmes), étudiants ou enseignants-chercheurs de l'université 8 Mai 1945 de Guelma.

L'épreuve de notation hédonique consiste à demander aux sujets d'évaluer leur appréciation du gâteau sur une échelle de 1 (je déteste) à 9 (j'adore) pour 3 à 4 descripteurs spécifiques (appréciation globale, goût, texture, odeur et couleur).

L'appréciation globale est demandée en début de questionnaire pour se rapprocher au maximum des conditions réelles d'achat et éviter que le consommateur ne décompose les sensations. Des informations supplémentaires concernant le sexe, l'âge et la fréquence de consommation des gâteaux secs sont également demandées pour permettre la caractérisation de l'échantillon de population interrogée.

Les gâteaux sont jugés acceptables (d'un point de vu hédonique) si au moins 50% de nos participants donnent un score supérieur ou égal à 6 (aime légèrement) (**Larissa Fernanda V-R et al., 2012**) (**Conti-Silva et Silva Arêas., 2011**).

Avant le début de test, tous les participants ont répondu à des questions par rapport à des éventuelles allergies alimentaires possibles aux composants du gâteau (farine ou protéines de lait). Ensuite, le gâteau sec (500 g) qui a été fraîchement préparé et placé dans des assiettes en plastique et présenté au panéliste pour la dégustation. Les participants ont ensuite répondu à des questionnaires (**Seczyk et al., 2016**).

Les questionnaires dûment remplies par les dégustateurs ont été retirées à la fin de l'évaluation et les données ont été organisées puis traitées.

## 7 Plan statistique

Les résultats sont exprimés sous forme des moyennes  $\pm$  SD (*Standard Deviation* = Ecart type). L'évolution ainsi que les différences entre les différents paramètres physico-chimiques font

l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) suivi d'une comparaison des moyennes (test de Dunnett, test Newman Keuls ou test de Tukey) quand les conditions de normalité et d'homogénéité des variances sont respectées (test de Kolmogorov-Smirnov), et le cas échéant d'une analyse de variance non paramétrique (Kruskal-Wallis).

Les données ont été traitées grâce au logiciel Minitab [Minitab, Ltb., United Kingdom (Version 16)].

Le seuil minimum de significativité retenu est  $p < 0,05$ .

### III. Résultat et discussion

#### 1. Lait

##### 1.1. Analyses physicochimiques du lait cru

Les analyses physico-chimiques du lait de chez *Beni Foughel* montrent que le produit fini répond aux normes nationales et internationales pour l'ensemble des critères analysés (JORADP, 1993) (FAO, 2010).

Aussi, une deuxième analyse rétrospective a été effectuée pour apprécier l'évolution des qualités physicochimiques du lait. Cette analyse n'a révélée aucune variation en fonction du temps à l'exception de celle relative à la température (pas de différence significative pour la densité et aussi pour le taux de matière grasse) (Figure 19).

#### Evolution de la qualité de lait

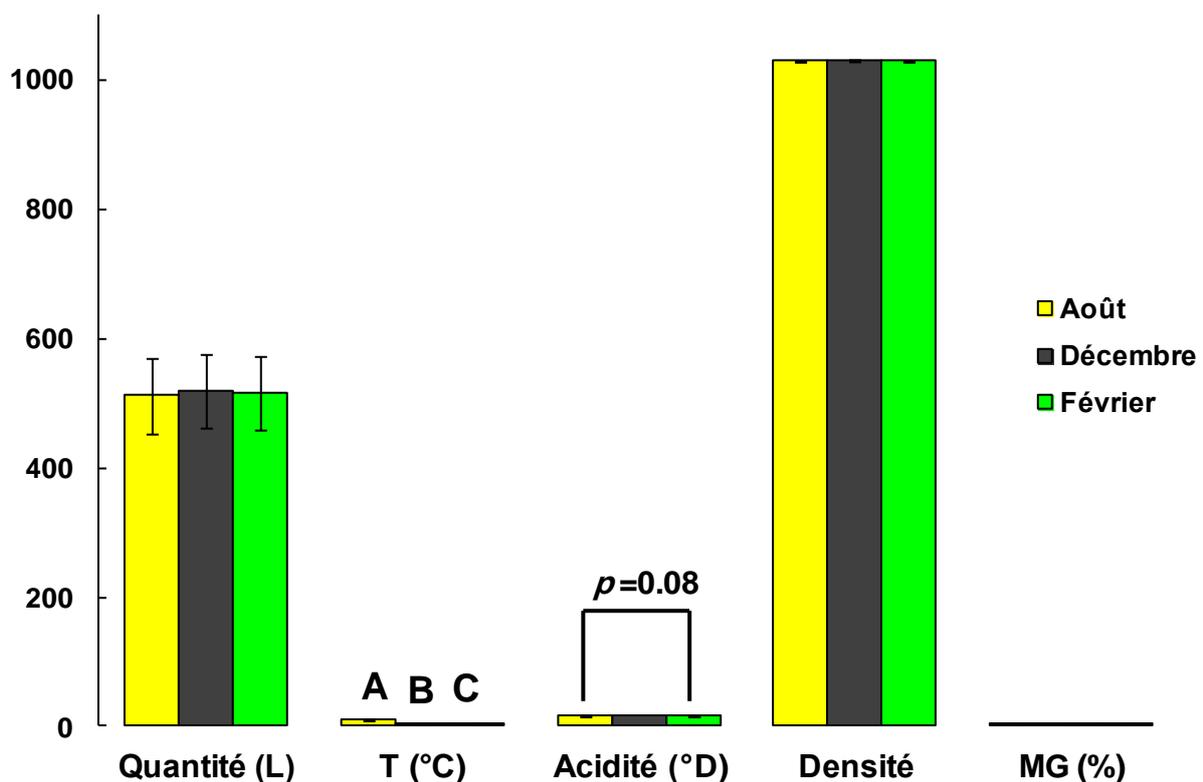


Figure 19 : analyses de la production et des qualités physicochimiques (température, acidité, densité et taux de matière grasse) du lait sur la période de (Août, Février et Décembre) dans la laiterie Beni Foughel. Les résultats sont représentés par la moyenne (%)  $\pm$  SD. A, B, C : des lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes (Kruskal-Wallis ;  $p < 0,05$ ).

### 1.1.1. Température

Selon les résultats illustrés dans la figure 19, des variations significatives ont été enregistrées durant la période de l'étude. La température est très élevée durant le mois d'Août par rapport au mois de Décembre et aussi le mois de Février ( $p < 0,05$  ; *Kruskal-Wallis*).

<i>p</i> -values			
	Août	Décembre	Février
Août	<b>1</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0041</b>
Décembre	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>1</b>	<b>0,0155</b>
Février	<b>0,0041</b>	<b>0,0155</b>	<b>1</b>

### 1.1.2. Acidité titrable

Les résultats représentés sur la figure 19 montrent que l'acidité du lait cru varie de 16,67-19 °D, elle est stable durant toute la période de notre analyse. Cependant une légère fluctuation a été enregistrée entre le mois d'Août et le mois de Février ( $p = 0,08$  ; *Kruskal-Wallis*).

A noter que toutes les valeurs moyennes d'acidité titrable du lait *Beni Foughel* sont très proches de celles citées dans la littérature (**Boudalia et al., 2016**) (**Aboutayeb, 2005**) (**FAO, 2010**).

### 1.1.3. Densité

Les résultats représentés dans la figure 19 montrent que la densité est entre 1029,00 à 1029,33. Nos résultats répondent aux normes cités dans la littérature qui sont 1028-1036 (**Boudalia et al., 2016**) (**Vignola, 2002**).

## 2. Obtention du lactosérum

### 2.1. Volume de lactosérum récupéré

Après la fabrication de notre fromage artisanale, un volume de 800 à 820 mL de lactosérum a été récupéré à partir d'une quantité de 1 L de lait. Ce taux est en accord avec les données de la littérature, où **Boualleg A et al., (2009)**, montrent qu'à partir d'un volume initial de 500 mL de lait, le volume de lactosérum récupéré varie de 400 mL à 412,5 mL.

### 2.2. Analyses bactériologiques

#### 2.2.1. Lecture

Tous les résultats de notre expérimentation sont négatifs sauf pour le milieu Chapman, où on a enregistré sur une seule boîte un virage de couleur vers le jaune, cela signifie la présence des staphylocoques (Figure 20), d'où la nécessité de faire une identification grâce à une coloration puis un test à la catalase (paragraphe ci-dessous).

Concernant, les autres tests, on n'a pas enregistré de développement des colonies, cela est révélateur de la bonne qualité hygiénique de notre lactosérum.

Les produits analysés sont de qualité bactériologique satisfaisante (le seuil d'identification est  $3 \times 10^4$ ), et ainsi ils sont déclarés propres à la consommation.

#### 2.2.2. Identification et coloration de gram

Une colonie bactérienne a été prélevée à partir de la boîte contaminée (avec des staphylocoques), après une coloration spécifique au : violet de gentiane, lugol, fuchsine.

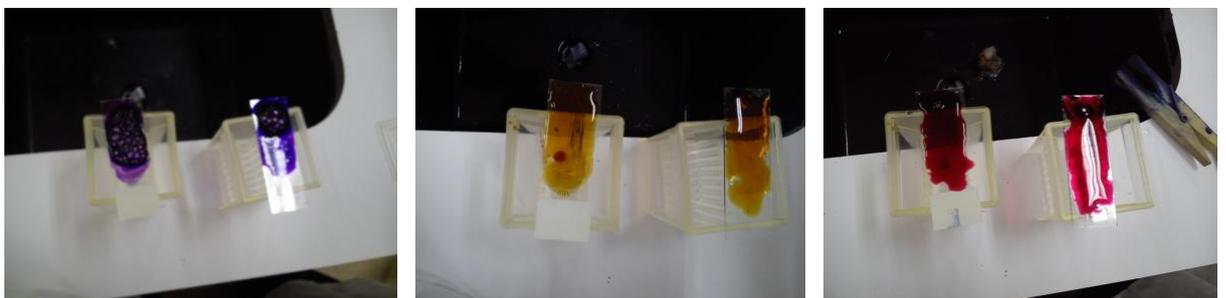


Figure 20 : coloration de gram

#### 2.2.3. Test de catalase

La présence de la catalase est mise en évidence en dissociant à l'aide de l'effilure d'une pipette pasteur une quantité suffisante de la culture sur une lame de verre contenant une goutte

d'eau oxygénée. La présence d'une catalase se traduit. En quelques secondes par la formation de bulles d'oxygène (Gerhardt *et al.*, 1994).

#### 2.2.4. Galerie biochimie api staph

L'utilisation d'un kit *api staph* permet l'identification des staph.



Figure 21 : résultat d'identification des staphylocoques

#### Résultats de l'identification :

- Coloration de gram : coque sous forme de chênnette à gram positif.
- Test de catalase : positif (Figure 22).



Figure 22 : résultat de test de catalase

- Résultat de l'identification de la galerie : staphylocoques épidermiques (type de bactérie : non pathogène).

### 3. Incorporation et analyses sensorielles des qualités organoleptiques des gâteaux secs

Les résultats concernant les analyses sensorielles sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 10), sur les 28 participants 75% sont des femmes, elles ont un âge entre 18-30 ans, et 76% d'entre elles consomment des gâteaux secs au moins une fois par semaine.

Les pourcentages des participants qui ont un score supérieur ou égale à une note hédonique de 6, sont les suivant : 89,28 ; 78,57 ; 75 ; 92,85 ; 85,71 pour les cinq descripteurs (appréciation globale, goût, texture, odeur, couleur) respectivement. Cela indique que notre gâteau enrichi est accepté par notre paneliste.

De plus, l'acceptation sensorielle du produit testé dans cette étude est plus supérieure par rapport à d'autres résultats de la littérature (Devereux *et al.*, 2003) (Ronda *et al.*, 2005).

Aussi, et dans le même sens, un test pour la fabrication d'un gâteau non enrichi au lactosérum pour pouvoir le comparer à notre gâteau a été réalisé, cependant et pour des raisons techniques (difficulté d'obtenir une note aromatique équivalente que celle présente dans le gâteau enrichi), on n'a pas pu obtenir des résultats satisfaisantes.

Tableau 10 : épreuve de notation hédonique, pour un gâteau sec enrichi au lactosérum (avec 5 descripteurs)

Descripteurs	Appréciation globale	Goût	Texture	Odeur	Couleur
Note hédonique	7,11 ± 1,07	6,86 ± 1,76	6,61 ± 1,87	7,39 ± 1,45	7,00 ± 1,56

Les résultats sont exprimés en moyenne ± SD (n = 28 sujets).

Dans la littérature, et chez l'Homme un dimorphisme sexuel concernant la perception du goût (surtout le sucré) a été mis en évidence dans plusieurs études (Cooke, L, 2005) (Nicklaus, S et Schwartz C., 2008) (Drewnowski, A., *et al.*, 2012) (Hirschberg AL, 2012). Aussi, Curtis et al, montrent que les choix alimentaires varient selon le sexe en raison d'un dimorphisme sexuel pour les préférences gustatives, en particulier des goûts sucrés et salés (Curtis *et al.*, 2004) (Boudalia *et al.*, 2014).

Une analyse de variance pour essayer de mettre en évidence une différence inter sexe par rapport à la consommation de notre gâteau sec (avec un sucré) a été réalisée, cependant et comme c'est montrée dans la figure 23, aucune différence significative n'a été enregistrée,

cela est peut-être dû au faible nombre des participants du sexe masculin ( $n = 7$ ) par rapport au sexe féminin ( $n = 21$ ).

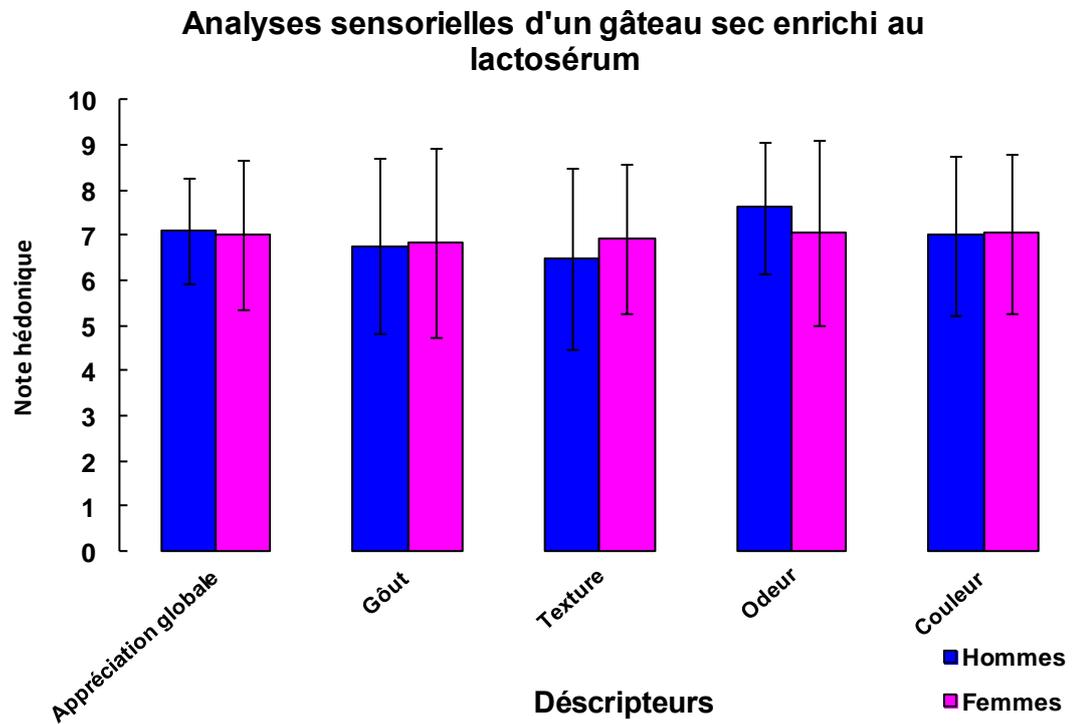


Figure 23 : analyses sensorielles d'un gâteau sec enrichi au lactosérum ( $n=28$  participants/7 hommes + 21 femmes).

#### **IV. Conclusion**

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à évaluer la qualité physico-chimique du lait produit par la laiterie de *Beni Foughel* au niveau de la wilaya de Guelma. Tous les résultats sont conformes aux normes nationales et internationales.

Un caillage de lait (fermentation spontanée et chauffage), provoque la formation d'un sous produit : *le lactosérum* ; qui est très bénéfique d'un point de vu nutritif à cause de sa forte richesse en protéines. Cette étude nous a permis d'évaluer les qualités physico-chimiques et bactériologiques du lactosérum afin de s'assurer de sa salubrité.

Les résultats des analyses montrent que le lactosérum est apte à la consommation, il aussi facilement lyophilisable, ainsi, cette méthode (lyophilisation) semble être un outil de valorisation très économique et efficace et peut aussi réduire voir éradiquer le caractère polluant de ce sous produit.

Notre étude nous a permis également de réaliser une incorporation de la poudre de lactosérum dans une recette de préparation d'un gâteau sec.

Dans le même sens, l'évaluation de la qualité organoleptique du gâteau enrichi au lactosérum a été réalisée grâce à une épreuve hédonique dont laquelle un score supérieur à 6 été enregistré chez 75% de notre paneliste. Cela indique le degré d'acceptation de notre gâteau enrichi, qu'il même plus supérieur par rapport à d'autres résultats de la littérature.

## Références bibliographiques

- Aboutayeb R. (2009) : Technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.
- Adrian J., Potus J. et Frangne R. (2004). La science alimentaire de A à Z, 2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).
- AFNOR.. (1985). Contrôle de la qualité des produits laitiers - Analyses physiques et chimiques. pp. 107-121-125-167-251 (321 pages).
- Alais C. (1984). Science du lait, Principe des techniques laitières. pp. 807.
- Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R et Turgeon H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et Techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait-Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29 (600 pages).
- Audic J. C, Chaufer B., Daufin G. (2003). Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. Lait, 83: 417 - 438.
- Auliffe M. K. W., Scotter D.R., Macgregor A. N, Earl K.W. (1982). Casein whey Waste water effects on soil permeability. Journal of Environmental Quality, 11: 31 -34.
- Benslama A. (2015). Le lait et Le lactosérum, Université Mohamed Khider-Biskra Bioresource Technology, 47: 195 - 203.
- Booij C. J. (1985). Use of lactose in the pharmaceutical and chemical industry.
- Boudalia S, Berges R, Folia M, Chabanet C, Decocq L, Pasquis B, Abdennebi-Najar L and Canivenc-Lavier M-C. (2014). A Two-generation Study on Low-dose BPA Exposure in Wistar Rats: Effects on Maternal Behavior, Flavor intake and Development ». *Neurotoxicology and teratology*, 41:16-26.
- Boudalia S, Benati D, Boukharouba R, Chemakh B and Chemmam M. (2016). Physico-chemical properties and hygienic quality of raw and reconstituted milk in the region of Guelma-Algeria. *Int. J. Agric. Res.*, 11: 77-83.
- Boudreau A., Menard G. (1992). Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. Sainte-Foy. Canada : 28 :73 :48 :439 p.
- Brew K., Grobler J.A. (1992).  $\alpha$ -Lactalbumine. In: Advanced dairy chemistry - 1. P.F. Fox (ed). Elsevier .Applied Science, London and New York., chap. 3, pp. 191-223.
- Brunner, J.R. (1977). Milk proteins, in food proteins, Whitaker, J.R and Tannenbaum, S.R. -AVI Publ., west port CT,pp 175.
- Bylund G. (1995). Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86, Lund ,Sweden : 18-23-381(436 pages).
- CNERNA (Centre National de Coordinations des Etudes et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation). (1981). Lait de consommation. Conférence de presse du 5 novembre 1981, Paris.

Cheftel J.C. ; Cu J. L. ; Lorient D. (1985). Protéines alimentaires, biochimie- propriétés Fonctionnelles. Valeur nutritionnelle- modification chimique. Tech et Doc. Lavoisier, pp 295. Chemistry. P.F. Fox (ed), Elsevier Science Publ., London and New York, chap 7, pp. 285-322.

Chevallier S., Colonna P., Della Valle G. and Lourdin D. (1999). Structural modifications of biscuit doughs during baking-Role of ingrédients. INRA. Paris. Les Colloques 91: 191-197.

Chevallier S., Della Valle G., Colonna P., Broyart B. and Trystram G. (2002). Structural and Chemical Modifications of Short Dough During Baking. Journal of Cereal Science. P:35 : 1-10.

Christine Taddei, Aimar P, Daufin G. et Sanchez V. (1986). Etude du transfert de Matière lors de l'ultrafiltration de lactosérum doux sur membrane minérale; le lait, 66(4), 371-390.

Creamer L.K., MacGibbon A.K.H. (1996). Some recent advances in the basic chemistry of milk proteins and lipids. Int. Dairy J. 6(6): 539-568

Conti-Silva, A. C., Silva, M. E. M. P., & Arêas, J. A. G. (2011). Sensory acceptability of raw and extruded bovine rumen protein in processed meat products. Meat Science, 88, 652-656.

Cooke L, Wardle J. (2005). Age and gender differences in children's food preferences. British Journal of Nutrition, 93: 741-746.

Curtis, K. S.; Davis, L. M.; Johnson, A. L.; Therrien, K. L.; Contreras, R. J. (2004). Sex differences in behavioral taste responses to and ingestion of sucrose and NaCl solutions by rats. Physiol Behav, 80 (5), 657-64.

Devereux, H. M., Jones, G. P., McCormack, L., & Hunter, W. C. (2003). Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. Journal of Food Science, 68, 1850-1854.

De wit J.N. (1981). Structure and functional behavior of whey proteins Netherlands milk and Dairy journal, 35, 47- 64.

De wit J.N. (1989). Functional properties of whey proteins. In : Développement in Dairy

De wit J.N. (1998). Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. J. Dairy Sci., 81 (3): 597-608.

De wit J.N. et Hontelez- Backx E. (1981). Les propriétés fonctionnelles des protéines du Lactosérum, conséquences des traitements thermiques. La technique laitière, 952, pp 19- 22.

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

Dibley, G. (1997). Harnessing the nutritional power of milk. Proc. Nutr. Soc. NZ., 22(20): 1501 59.

Drewnowski A, Mennella J, Johnson S, Bellisle F. (2012). Sweetness and Food Preferences. The Journal of Nutrition; doi:10.3945/jn.111.149575.

Eck A., Gillis J-C. (1997). Le fromage, 3ème édition. Editions Tec et Docs, Paris, 891 pages.

Eigel W.N., Butter J.E., Ernstron C. A., Forrell, H. M ; Jr., Harwalkar V.R. Epicier Avril. (2007), biscuits sucrés. P:15

Eugenia Lucena M., Alvarez Silvia, Menendez Carlos Francisco A. Riera, Alvarez Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Département des sciences de la nature et de la vie.

FAO. (2010). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Lait de consommation <http://www.horizon.documentation.ird.fr>

Favier J.C. (1985). Composition du lait de vache-Lait de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

Feillet P. (2000). Le grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.

France Agri Mer d'après Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum. V. Jacquet Violleau (1999). FranceAgriMer Septembre 2013 ; numéro 02.

François Luquet (coord.). (1990). Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, t.2, Lavoisier, Tec & Doc, p.357 et France Agri Mer).

Franworth E. et Mainville I. (2010). Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.

Fredot E. (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14 (397 pages).

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

Gaucheron F. (2004). Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783 (922 pages).

Gonzfilez Siso M. I. (1996). The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource Technology*, 57, 1: 1-11.

Guidini M., Papillon D., Raphalen D et Bariore B. (1984). Contribution à la valorisation du lactosérum. Utilisation actuelle et potentielles. *Bul. Soc. Sci. Bretagne Vol 56*. p77-88.

Gumpen S., Hegg, P.O and Martens M. (1979). Thermal stabilization of fatty acid-serum Albumin complexes studied by differential scanning calorimetry, *biochim. Biophys. Acta*, 574, 189.

Harmbling S.G., McAlpine A.S., Sawyer L. (1992). B-lactoglobulin. In: *Advanced Dairy Chemistry - 1*. P.F. Fox (ed), Elsevier Applied Science, London and New York, chap. 4, pp. 141-179.

Harding F. (1995). Milk quality, Blackie academic et professional. 113(166 pages).

Hirschberg .A.L. (2012). Sex hormones, appetite and eating behaviour in women. *Maturitas* ; 71(3):248-56.

Ilker E., Mushsin C., Sebnem H. (2006). Separation of whey Components by using ceramic composite membranes ; *desalination* 189.

Jean C., et Dijon C. (1993). *Au fil du lait*, ISBN 2-86621-172-3.

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G. (2008). *Les produits laitiers*, 2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).

Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G. (2007). *Science des aliments technologie des produits alimentaires tec et doc*, Lavoisier : 17 (456pages).

Jeness R; and Whitney, R. Mel. (1984). Nomenclature of proteins of cow's Milk: Fifth revision, *J. Dairy sci-* 67, pp 1599.

Jorge M., Joong S. C, Kima D. S. (2006). Production rate of propionic acid in fermentation of cheese whey with enzyme inhibitors. *Environmental Progress*, 25, 3:228-234.

JORADP (Journal Officiel de la République Algérienne). (1993). *Spécifications et à la présentation de certains laits de consommation*.

JORADP (Journal Officiel de la République Algérienne). (2001). *Bulletin officiel n° 4862 du 4 janvier 2001, Décret n° 2-00-425 du 7 décembre 2000 relatif au contrôle de la Production et de la commercialisation du lait et produits laitiers*.

Kaiser V. A. (1974). Modeling and simulation of a multi-zone band oven. *Food Technology*. P:28. 50: 52-53.

Kennedy J.F et Cabral M.S. (1985). *In immobilized enzymes and cells*. J Woodward (Ed) p 19-37 I.R.L Press Oxford, U.K.

Kevin W, K.Yee, Dianne E. Wiley, Jie Bao. (2006). Whey protein concentrate production by continuous Ultra-filtration operability under constant operating condition; *journal of membrane science* Doi: 10-1016/J.Mensci.2006 12.026.

Kiger J. L., Kiger J. G. (1967) *Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime*. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.

Kosaric N., Asher Y. (1982). *Cheese whey and its utilization. Conservation*.

Kosikowski F.V. (1979). *Utilisation du lactosérum et produit à base de lactosérum*, Paris, revue laitière française n° 372.

Knopp,T .K. (1988). *Whey utilisation in cheese.Cultured Dairy products journal* Mai 1988.

Larissa Fernanda Volpini-Rapina, Fabiana Ruriko Sokei, Ana Carolina Conti-Silva. (2012). Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *Food Science and Technology*. 48 37-42.

Leseur R., et Melik N. (1999). *Lait de consommation In LUQUEE F.M, Laits et produits laitiers vache brebis chèvre*, Tec et Doc, Lavoisier, Paris : 5 (637 pages).

Lin V.J. C and Koenig J. I. Raman. (1976). Studies of bovine serum albumin, biopolymers, p: 15, 203.

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

Luquet et Francois M. (1990). Lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II.

Maache-Rezzoug Z., Bouvier J. M., Allef K. and Patras C. (1998 a) Effect of Principal Ingredients on Rheological Behavior of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. Journal of Food Engineering. P:35 : 23-42.

Maache-Rezzoug Z., Bouvier J. M., Patras C. and Allaf K. (1998 b). Study of mixing in Connection with the Rheological Properties of Biscuit Dough and Dimensional Characteristics of Biscuits. Journal of Food Engineering.P: 35: 43-56.

Manley D. (1998). Biscuits, cookies and crackers manufacturing manuals. CRC, 2000. Woodhead publishing limited, Cambridge.P :15-20.

Manoharr. S. and Rao P. H. (2002). Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. Food Research International.P: 35 : 807-813.

Marwaha S.S. Kenned J.F. (1988). Review: Whey-pollution problem and potential utilization. International Journal of Food Science and Technology, 23: 323 - 336.

Mathieu J. (1999). Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

Mawson A. J. (1994). Bioconversions for whey utilization and waste abatement.

Menard G., Emond S., Segin R., Bolduc R, Boudreau A., Marcous D Painchaud M. et Poirier D. (1992). La biscuiterie industrielle. In,

Mereo J. (1980). Les utilisations industrielles du sérum, fromagerie. Paris, revue française n°365, 401p.

Mereo M. (1971). Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. ind, agro-alim, pp :817823.

Mittaine J. (1980). Les laits autres que le lait de vache, [http://whqlibdoc.who.int/monograph/ who mono](http://whqlibdoc.who.int/monograph/who_mono).

Modler H .W. (1988). Development of a continuous process for the Production of ricottacheese J.of Dairy Science, Vol 71, p 2003-2009.

Mohtadji-Lamballais C. (1989). Les aliments. Editions Maloine. Paris. 203 p.

Moletta R. 2002- Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc; 600p. Montpellier.

Morr C.V. (1989). Whey proteins: manufacture. In: Development in Dairy Chemistry - 4 P.F. Fox (ed), Elsevier Science Publ., London and New York, chap 6, pp. 245-283.

Morr C.V. and Ha e. Y. W. (1993). Whey protein concentrates and isolates: processing and Functional properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 33 (6), pp431- 476.

Muller A., Bernard C., Uzierin., Georges D. (2003). Prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions .lait 83, 111129. *Netherlands Journal of the Society of Dairy Technology*, 38, 4: 105 - 109.

Nicklaus S, Schwartz C. (2008). L'acquisition des préférences alimentaires : le cas du goût sucré. *Cah. Nutr. Diét*, 43 : 2S47-2S51.

Pfiffner A. (2009). Lait en poudre, <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes>.

Pointurier H. (2003). La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).Somesthésie-Neurosciences, Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes <http://www.yopdf.en>

Pougheon S .Et Goursaud J. (2001). Le lait caractéristiques physicochimiques In Debry G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

Pougheon S., (2001). Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages). *Recycling*, 5: 23 - 32.

Reumont P. (2009). Licencié Kinésithérapie, <http://www.medisport.be>.

Rheotest M. (2010). Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants :

<http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>

Ricardo. (2006).  $\beta$  Lactoglobuline removal from whey protein Concentrates production of milk derivatives as a base for infant formulas ; *Separation and Purification technology* 52, pp 310- 316.

Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90, 549-555

Roufik S., Sylvie F., Gauthier, Sylvie L., Turgeon. (2007). Physico-chemical characterization and in vitro digestibility of  $\beta$ -LG F142-148 complexes. *Inter dairy journal* 17, pp471- 480.

Savoie I., Trystram G., Duquenoy A., Brunet P., Marchin F. (1992). Heat and Mass Transfer Dynamic Modeling of an Indirect Biscuit Baking Tunnel-Oven. Part I: Modeling Principles. *Journal of Food Engineering*. 1P: 173-196.

Seczyk, L., Swieca, M. and Gawlik-Dziki, U. (2016). Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chem* 194:637-42.

Selselet-Attou G. (1991). Technologie des céréales et produits dérivés. Institut de Technologie Agricole-Mostaganem.

Sienkiewicz T., Riedel C. L., Verlag T., Mann G. B. (1992). Whey and whey utilization. *International Dairy Journal*, 2, 6: 373 - 375.

Sottiez P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères in : lait et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre, Ed Lavoisier, Paris, 633p.

Stauffer C. E. (1998). Fats and oils in bakery products. *Cereal Foods World*. 43,3 : 120-126.

Stoll W. (2003). Vaches laitières -L'alimentation influence la composition du lait, vol 9, <http://www.db-alp-admin-ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf>

Techniques et documentation- Lavoisier, 621p.

Tejayadi S., Cheryan M. (1995). Lactic acid from cheese whey permeate. Productivity and economics of a continuous membrane bioreactor. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 43: 242 - 248.

Thapon J.L. (2005). Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77 pages).

Tharrault J. F. (1997) Qualité biscuitière des farines de blé tender: des blés biscuitiers pour une bonne maîtrise de la texture des biscuits. In, GODON B. et LOISEL W. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Lavoisier. Tec. et doc. Paris. 819 p.

Thieulin G, Vuillaume R. (1967). Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs. 71-73(388 pages).

Thorvaldsson K. and Janestad H. (1999). A model for simultaneous heat, water and vapour diffusion, *Journal of Food Engineering*. P: 40 : 167-172.

Uchida Y., Shimatani M. M., Mitsuhashi T., Koutake M. (1996). Process for preparing a fraction having a high content of  $\alpha$ -LA from whey and nutritional compositions Containing such fractions, US patent 5, 503, 864.

Vierling E. (2003). Aliment et boisson-Filière et produit, 2<sup>ème</sup> édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine:11(270 pages).

Vierling E. (1999). Aliment et boisson-science des aliments, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, France:11 (270 pages).

Vignola C.L. (2002). Science et technologie du lait-Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600 pages).

Violleau V. (1999). Valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat.

Visser R.A., Nan den Bos M.J. et Ferguson W.P. (1988). Lactose and its chemical Derivates. *bults of I.D.F*, n°233, pp: 33-44.

Vrignaud Y. (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. *Revue laitière française* n°422, PP :41-46.

Woo A. (2002). La grande diversité du lactosérum. *Agriculture et agroalimentaire, Canada*, p. 313.

Yakhlef H., Madani T., Ghozlane F. et Bir B. (2010). Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des systèmes d'élevage bovins en Algérie.

Yang S. Y., Jones J. H., Olsen F. J., Peterson J. (1980). Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. *Journal of Environmental Quality*, 9: 370 - 372.

Yang, S. T., Tang I. C., Zhu H. (1992). A novel fermentation process for calcium magnesium acetate (CMA) production from cheese whey. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 34, 35: 569 - 583.