

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOU D MAMMERI –TIZI OUZZOU-  
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES  
*Département de Biochimie et Microbiologie*



## *Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme Master en Sciences Alimentaires

Option : Biochimie de la Nutrition

### Thème :

**Evaluation de l'effet des traitements  
technologiques sur la qualité physico-chimique  
des laits pasteurisés, stérilisés et atomisés**

Réalisé par :

M<sup>lle</sup> IFIRES Cylia

M<sup>lle</sup> TAMADART Dyhia

Jury d'évaluation:

Président du jury: Mr. SEBBANE Hillal

MCB-UMMTO

Promotrice : Mme. SENOUSSE-GHEZALI Chahra

MAA-UMMTO

Examinatrice : Mme. ALMI-SEBBANE Dalila MCA-UMMTO

Année universitaire : 2022/2023

## *Remerciements*

*Nous remercions Dieu de nous avoir donné la patience et le courage pour réaliser ce travail.*

*Au parcours de ce travail, nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions notre promotrice **Mme SENOUSI-GHEZALI Chahra** maître assistante classe A à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, d'avoir encadré ce travail et pour son aide tout au long de ce parcours, sa gentillesse et ses conseils*

*Nous tenons également à remercier **Mr SEBBANE Hillal** maître de conférence classe B à l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour avoir accepté présider notre mémoire et **Mme ALMI-SEBBANE Dalila** maître de conférence classe 'A' à l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou pour avoir accepté examiné notre mémoire et bien-sûr pour leurs aides tout au long de ce parcours.*

*Nous tenons aussi à remercier **Mme AMAR-KHOUDJA Nadia** l'ingénieur de laboratoire pour son aide et sa gentillesse ainsi que le personnel de laboratoire pédagogique de notre Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire*

*A la mémoire de mon papa*

*Sache que je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain, tu as toujours cru en moi, tu es et tu resteras ma source de motivation. Tout ce que je fais est dans le but que de là-haut, tu sois fière de moi.*

*A ma chère mère qui a été toujours à mes côtés et m'a toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études*

*A mes chers frères Sofiane et Lyes qui ont toujours à mes côtés*

*A mes chères sœurs Katia et Nesrine que j'aime beaucoup*

*A mes chères tantes paternelle Fatma et Chabha dieu les garde pour nous*

*A mes chères cousines Sihem, Karima et Diana*

*A toutes ma famille sans exception*

*A ma binôme Dyhia et toutes sa famille*

*A ma meilleure copine Yasmine pour ses encouragements, Dieu te rend le bien et sans oublier Lydia et Souhila*

*A tous mes amis(es) sans exception*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire et de l'enseignement supérieur*

*Cylia*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père pour leurs patiences,  
leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements*

*A mes frères Kaci et Zidane*

*A mes chères sœurs Sara et Selyouna que j'aime beaucoup*

*A ma chère tante paternelle Fatma que dieu te protège pour nous*

*A toutes ma famille sans exception*

*A ma binôme Cylia et toutes sa famille*

*A mes amis et mes camarades*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit de primaire, du moyen,  
du secondaire et de l'enseignement supérieur*

*A tous ceux qui j'aime et m'aime*

*Dyhia*

### Liste des figures :

N°	Le titre	La page
01	Schéma représentant une micelle de caséine selon le modèle de SCHIMDIT.	06
02	Schéma représentant les proportions des différentes protéines dans le lait.	07
03	Schéma représentant la composition minérale du lait.	08
04	Schéma illustrant les étapes suivies pour la séparation des protéines sériques et des caséines des échantillons de lait analysés.	27
05	Courbe d'étalonnage pour le dosage des protéines par la méthode de Lowry et al(1951) en utilisant la BSA comme protéine de référence.	28
06	Profil électrophorétique des protéines sériques en PAGE-native.	36

### Liste des tableaux :

N°	Le titre de tableau	La page
I	La composition du lait ( <b>Alais et al, 2008</b> ).	04
II	Teneur moyenne des principales vitamines du lait ( <b>Amiot et al, 2002</b> ).	09
III	Classification du lait selon le mode de transformation.	19
IV	Effet de divers traitements thermiques sur la qualité du lait ( <b>FAO, 1995</b> ).	23
V	Résultats d'analyse chimique des échantillons de lait.	30
VI	Résultats d'analyse physique des échantillons de lait.	32
VII	La teneur en protéines totale, sériques et les caséines.	34

## Liste des abréviations

Abréviation	Signification
AFNOR	Association française de normalisation
$\alpha$ -La	Alpha lactalbumine
$\beta$ -Lg	Beta lactoglobuline
BSA	Albumine sérique bovine
D°	Degré Doronic
Da	Daltons
DLC	Date limite de conservation
DLUO	Date limite de l'utilisation optimale
ESD	Extrait sec dégraissé
FAO	Food and agriculture organisation of the United national
ID	Indice dispersibilité
IM	Indice de mouillabilité
JORA	Journal Officiel République Démocratique Algérienne
Nm	Nanomètre
ONS	Organisation nationale de santé
PAGE	Electrophorèse sur le gel de Polyarylamide
PP	Proteose Peptone
pH	Potentiel hydrique
TEMED	N-N-N-N- tetramethyle – ethylenediamine
Tris	Tris- hydroxy –méthyl- amino- méthane
UHT	Ultra haute température
Mg	Microgramme
WPNI	Whey Protéin Nitrogen Inder

## Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction .....	01
1. Synthèse des données bibliographiques .....	02
1.1. Généralités sur le lait .....	02
1.1.1. Définition du lait .....	02
1.1.2. Propriétés physico-chimiques et organoleptiques du lait .....	02
1.1.2.1. Propriétés physiques .....	02
1.1.2.2. Propriétés organoleptiques .....	03
1.1.3. Composition physico-chimique .....	03
1.1.4. Facteurs de variation de la composition du lait .....	10
1.2. Traitements technologiques appliqués au lait .....	11
1.2.1. Critères de classification du lait de consommation .....	11
1.2.1.1. Lait non traité thermiquement .....	11
1.2.1.2. Lait traité thermiquement .....	11
1.2.2. Les procédés de traitements thermiques appliqués au lait .....	13
1.2.2.1. Pasteurisation .....	13
1.2.2.2. Stérilisation .....	14
1.2.2.3. Séchage .....	16
1.2.2.4. Concentration du lait .....	18
1.2.3. Durée de conservation du lait .....	19
1.3. Effets des traitements technologiques sur la qualité du lait .....	20
2. Matériel et méthodes .....	24
2.1. Matériel .....	24
2.1.1. Echantillonnage .....	24
2.1.2. Produits biologiques .....	24
2.1.3. Produits chimiques .....	24

2.1.4. Appareillage .....	25
2.2. Méthodes .....	25
2.2.1. Mesure du ph .....	25
2.2.2. Détermination de la qualité physico-chimique des échantillons de lait .....	25
2.2.3. Séparation des protéines du lactosérum .....	25
2.2.3.1. Ecrémage .....	26
2.2.3.2. Acidification .....	26
2.2.3.3. Dialyse.....	26
2.2.3.4. Détermination de la teneur en protéines.....	28
2.2.5. Caractérisation électrophorétique des protéines du lait analysé.....	29
2.2.6. Analyse statistique.....	29
3. Résultats et discussions .....	30
3.1. Résultats d'analyses physico-chimiques .....	30
3.1.1. Composition chimique .....	30
3.1.2. Caractéristiques physiques .....	32
3.1.3. Le taux des protéines totales, sériques et les caséines.....	34
3.2. Caractérisation électrophorétique.....	36
3.2.1. Contrôle électrophorétique des protéines sériques par page native .....	36
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	
Annexes	

### Introduction

Le lait est un liquide biologique, généralement de couleur blanchâtre produit par les glandes mammaires des mammifères femelles. Le lait est un aliment complet et équilibré, il présente une forte concentration en nutriments de base (la matière grasse, lactose, des protéines, des vitamines, des sels minéraux et de l'eau). Il compense les autres protéines animales telles que la viande et les œufs, sa composition et ses caractéristiques physico-chimiques varient selon plusieurs facteurs tels que la race, l'état sanitaire de la femelle, le stade de lactation, le climat et la saison.

La consommation de cet aliment touche la majorité de la population mondiale en particulièrement le lait de vache avec 782 millions de tonnes de litres en 2013 et 818 milliards de litres en 2015. L'Algérie est parmi les premiers consommateurs des produits laitiers avec une consommation de l'ordre de 140 litres/habitants/année. Sur la consommation totale qu'il y a d'environ 5,5 milliards de litres, 3,4 milliards de litres de l'importation. L'Algérie importe 260 à 300 000 tonnes de poudre par année cela est dû au manque de la production locale du lait.

Les principaux procédés industriels appliqués au lait sont les traitements technologiques (pasteurisation, stérilisation, atomisation...) qu'ont pour l'objectif d'assurer la qualité hygiénique de produit et leur conservation. Cependant les traitements technologiques causent de nombreuses modifications indésirables sur la qualité organoleptique, nutritionnelle et technologique lorsque les traitements technologiques ne sont pas maîtrisés.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude qui a pour objectif d'évaluer l'effet des différents traitements technologiques sur la qualité de lait particulièrement les protéines sériques.

## 1. Synthèse des données bibliographiques

### 1.1. Généralités sur le lait

#### 1.1.1. Définition du lait

Le lait est défini par Congrès international de la répression des fraudes en 1909 (**Lesueur et Melik, 1990**) comme : « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum. »

Le lait est un liquide blanc, opaque, deux fois plus visqueux que l'eau, de saveur légèrement sucrée et d'odeur peu accentuée, sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères (**Debry, 2001**). Il est considéré comme une source importante de calcium, de phosphore, de vitamines (essentiellement B1 et B12) et contient tous les nutriments de base (protéines, sucres et lipides) en quantités équilibrées, ce qui le rend nécessaire dans l'équilibre alimentaire de l'homme (**Kaan-Tekinsen, 2007**).

#### 1.1.2. Propriétés physicochimiques et organoleptiques du lait

##### 1.1.2.1. Propriétés physiques

###### 1.1.2.1.1. Masse volumique

La masse volumique est une propriété physique qui varie en fonction de la température (**Vignola, 2002**).

###### 1.1.2.1.2. Densité du lait

La densité du lait n'est pas une valeur constante pour les laits individuels à une température de 20°C, les valeurs moyennes sont comprises entre 1,030 – 1,033 kg/l et pour les laits de grands mélanges, elle est de 1,032 (**Alais, 2008**).

###### 1.1.2.1.3. Point de congélation

Le point de congélation est la température de passage de l'état liquide à l'état solide. Le point de congélation du lait varie de -0,530°C à -0,575°C (**Vignola, 2002**).

###### 1.1.2.1.4. Point d'ébullition

Le point d'ébullition est défini comme étant la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition du lait est de 100,5 °C (**Vignola, 2002**).

#### **1.1.2.1.5. Acidité**

L'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle qui est due aux caséines, aux acides organiques, aux groupes phosphates et au dioxyde de carbone et de l'acidité développée qui est due à l'acide lactique issu de la fermentation lactique. L'acidité du lait doit être comprise entre 14 à 18°D (**Vignola, 2002**).

#### **1.1.2.1.6. pH**

Le pH du lait varie selon les espèces, le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8(**Vignola, 2002**).

### **1.1.2.2. Propriétés organoleptiques**

#### **1.1.2.2.1. Couleur**

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

#### **1.1.2.2.2. Odeur**

L'odeur est une caractéristique du lait, elle peut provenir de l'environnement de la traite de l'animal et à l'alimentation (**Vierling, 2003**).

#### **1.1.2.2.3. Saveur**

La saveur est légèrement sucrée, l'alimentation des vaches laitières peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer dû aux plantes de fourrages ensilés (**Thieulin et Vuillaume, 1967**).

#### **1.1.2.2.4. Viscosité**

Le lait est considéré le plus visqueux que l'eau parce qu'il contient beaucoup de matières grasses en émulsion et des particules colloïdales (**Jean et Roger, 1961**).

### **1.1. 3. Composition physico-chimique**

Le lait est un aliment presque complet, il englobe dans sa composition plusieurs éléments essentiels qui sont les macronutriments (glucides, lipides, protéines) et les micronutriments (vitamines, minéraux). Le tableau I montre les différents composants du lait.

**Tableau I** : La composition du lait (Alais et al, 2008).

Composants	Composition g/l	Etat physique des composants
<b>Eau</b>	905	Eau libre (solvant) + eau liée 3.7%
<b>Glucide</b> -Lactose	49	Solution
<b>Lipides</b> -Matière grasse -Lécithine (phospholipide) -Partie insaponifiable (stérols, carotène, tocophérols)	35 34 0,5 0,5	Emulsion des globules gras (3 à 5 microns)
<b>Protides</b> -Caséines -Protéines solubles (globulines albumines) -Substances azotées non protéiques	34 27 5,5 1,5	Suspension micellaire de phosphocaseinate de calcium (0.08 à 0.12 microns) Solution (colloïdale) Solution (vraie)
<b>Sel</b> -de l'acide citrique -de l'acide phosphorique (P2O5) -de l'acide chlorhydrique	9 2 2,6 1,7	Solution ou état colloïdal (P et Ca) Sels de K, Ca, Na, Mg
<b>Constituants divers</b> Vitamines, enzymes, gaz dissous	Traces	
Extrait sec (total)	127	
Extrait sec non gras	92	

### 1.1.3.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait avec une valeur de 90% (Vierling, 1998).

### 1.1.3.2. Glucides

Le lactose constitue le sucre principal du lait, c'est un disaccharide composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose (**Wattiaux, 1996**). La teneur en lactose de lait varie de 48 à 50g/l (**Jeantet et al, 2008**).

### 1.1.3.3. Matière grasse

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable composée en grande partie de cholestérol et de  $\beta$ -carotène. (**Vignola, 2002**)

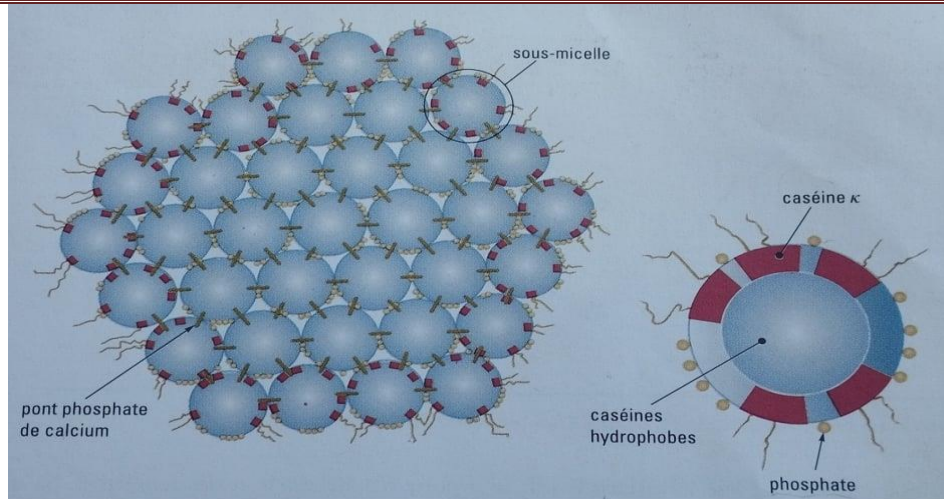
La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras, elle est constituée essentiellement de triglycérides (98%), d'acides gras saturés (65%) et d'acides gras insaturés (35%) (**Mahaut et al, 2005**).

### 1.1.3.4. Protéines

Les protéines du lait représentent 95% de la matière azotée totale (caséines et protéines sériques), les 5% restant sont constitués des acides aminés libres de peptides et d'azote non protéique (**Court et Leymarios, 2010**). Les protéines du lait présentent une grande valeur nutritionnelle et fonctionnelle. Elles sont réparties en deux catégories, les caséines et les protéines sériques.

#### 1.1.3.4.1. Caséines

Les caséines représentent 80% des protéines totales du lait. Elles sont organisées sous forme de micelles qui sont composées de 93% de protéines représentées par les caséines  $\alpha$ S1(36%),  $\alpha$ S2(10%),  $\beta$  (34%) et  $\kappa$  (13%) et de 90% de minéraux sous forme de phosphate de calcium (**Vignola, 2002**). La figure ci-dessous représente la micelle de caséine.

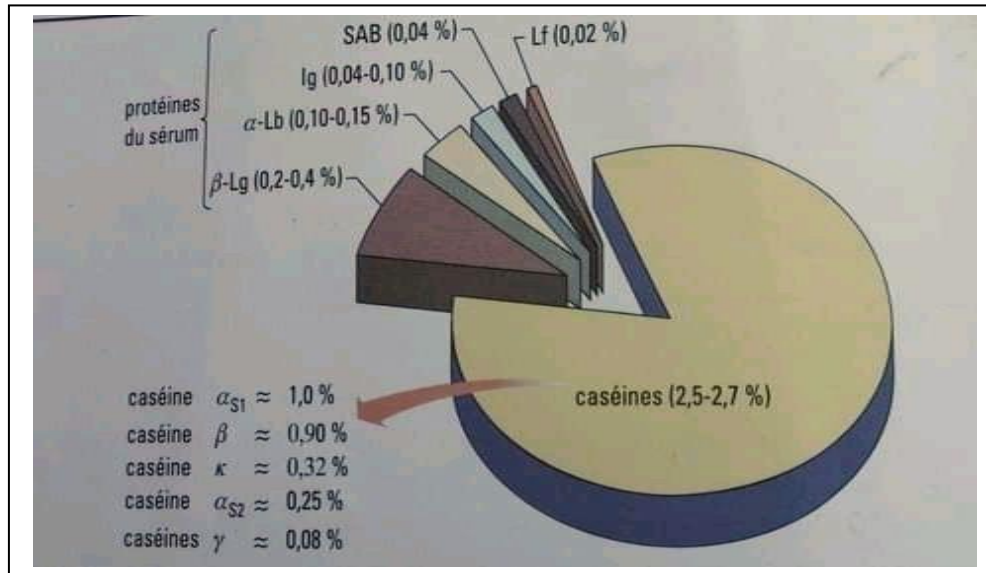


**Figure (01) :** Schéma représentant une micelle de caséine selon le modèle de **SCHMIDT (1982)**

#### 1.1.3.4.2. Protéines solubles

Ce sont les protéines du lactosérum (protéines sériques). Elles sont moins abondantes que les caséines, mais elles sont très intéressantes sur le plan nutritionnel du fait de leur richesse en acides aminés essentiels (**Court et Leymarios, 2010**).

Les deux principales protéines du lactosérum sont la  $\beta$ - lactoglobuline qui représente environ 45% des protéines totales et l' $\alpha$ -lactalbumine qui constitue 25% des protéines sériques. Les autres protéines sont les immunoglobulines (12%), le sérum albumine bovine (SAB) (environ 5%), lactoferrine (4%) et la protéose peptone (environ 13%). Il y a d'autres protéines sériques mineures telles la transferrine, la nebuline, la fetuine et lactoperoxydase (**Amiot et al, 2002**). La figure 02 montre les proportions de différentes protéines dans le lait.



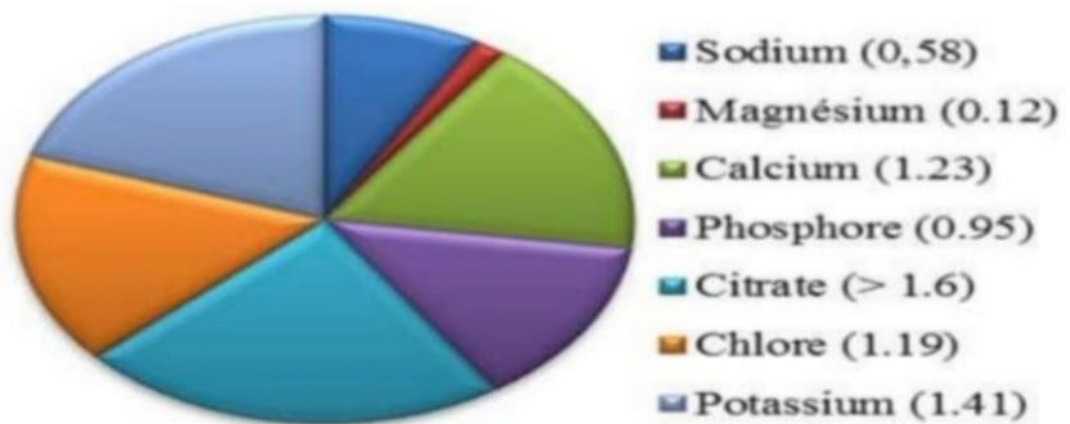
**Figure (02) :** Schéma représentant les proportions de différentes protéines dans le lait.

β-Lg : β-lactoglobuline, α-Lb : α-lactalbumine, Ig : immunoglobuline, SAB : sérum albumine bovine, Lf : lactoferrine. (Vignola, 2002).

#### 1.1.3.5. Minéraux

Le lait contient des quantités importantes de divers minéraux. Les principaux minéraux sont le magnésium, le calcium, le potassium et le sodium pour les cations. Les chlorures et le phosphate pour les anions. (Gaucheron, 2004).

Les minéraux du lait se trouvent sous formes de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble. Les éléments basiques principaux comme le potassium, le sodium, le magnésium et le calcium forment des sels avec les constituants acides que sont les protéines, les phosphates, les citrates et les chlorures. En outre, ces derniers se trouvent sous forme colloïdale dans les micelles de caséines (Vignola, 2002). La figure ci-dessous représente la composition minérale du lait.



**Figure (03) :** Schéma représentant la composition minérale du lait (Gaucheron, 2004)

#### 1.1.3.6. Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie car elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. (Vignola, 2002).

Le lait est une source intéressante de vitamines (tableau II), ce dernier contient des vitamines liposolubles (A, D, E et k) et des vitamines hydrosolubles (C, B1, B2, B6, B12, B3, B5, B9, B8) (Jeantet et al, 2008)

**Tableau II** : Teneur moyenne des principales vitamines du lait (Amiot et al, 2002)

Vitamines	Teneur moyenne
<b>Vitamines liposolubles</b>	
Vitamine A (rétinol) (+carotène)	40 µg /100ml
Vitamine D	2,4µg/ 100ml
Vitamine E (tocophérol)	100 µg /100ml
Vitamines K	5µg /100ml
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg /100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg /100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg /100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45µg /100ml
Vitamine B3 (Niacine ou vitamine pp)	90µg /100ml
Vitamine B5 (Acide pantothénique)	350µg /100ml
Vitamine B9 (Acide folique)	5,5µg /100ml
Vitamine B8 ou vitamine H (biotine)	3,5µg /100ml

### 1.1.3.7. Enzymes

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 (Pougheon, 2001).

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes qui sont : les hydrolases (Estérases : lipases, phosphatase alcaline, phosphatase acide et Protéases : lysozyme, plasmine), les oxygénases (lactoperoxydase, catalase) et les déshydrogénases ou oxydases (sulfhydrile oxydase, xanthine oxydase) (Vignola, 2002).

### 1.1.3.8. Gaz dissous

Le lait contient en moyenne 6% en volume de gaz dissous, composés essentiellement de dioxyde de carbone, d'azote et d'oxygène. La quantité de gaz a tendance à augmenter après la traite pour atteindre 8%, dont 6,5% est constitué de dioxyde de carbone (Mathieu, 1998).

#### 1.1.4. Facteurs de variation de la composition du lait

La composition du lait n'est pas fixe, elle a tendance à varier en fonction de la race, l'âge, la saison et le stade de lactation, et en fonction de l'alimentation.

##### 1.1.4.1. Âge

Le vieillissement des vaches provoque une grande pauvreté de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer (**Mathieu, 1985**).

##### 1.1.4.2. Race

Le lait des vaches Frissonnes est moins riche en protéines et en matière grasse que celui des vaches Anglo-normandes. Les jersiaises fournissent un lait riche qui rappelle celui des vaches zébus de l'Inde (**Boujenane, 2003**).

##### 1.1.4.3. Saison de lactation

Les modifications des équilibres hormonaux des vaches telles que l'augmentation de la prolactinémie pourraient entraîner une dilution des matières sécrétées et donc une diminution des taux butyriques et protéiques. Ces dernières sont plus faibles en été qu'en hiver (**Coulon et al, 1991**).

##### 1.1.4.4. Stade de lactation

La teneur du lait en matière grasse diminue pendant les premières semaines qui suivent le vêlage, cette teneur se stabilise pendant un à deux mois puis augmente à partir du cinquième et sixième mois (**Mathieu, 1998**).

##### 1.1.4.5. Alimentation

L'alimentation joue un rôle important dans la qualité du lait. Contrairement aux autres facteurs, l'alimentation agit à court terme et peut faire varier les taux protéiques et butyreux de manière indépendante.

La production ainsi que la composition chimique du lait peuvent varier selon la nature d'aliment (fourrage ou concentré et son mode de distribution), son aspect physique (grossier ou finement haché) et son niveau d'apport en additifs alimentaires. (**Araba, 2006**)

## 1.2. Traitements technologiques appliqués au lait

Selon le développement des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de laits de consommation qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle et organoleptiques et leur durée de conservation (Michel et al, 2000).

### 1.2.1. Critères de classification du lait de consommation

Selon Georges et al (2009), les laits de consommation sont classés en fonction de :

- **La teneur en matière grasse** : On distingue :
  - ✓ Le lait entier avec une teneur en matières grasses d'au moins 3,5% ;
  - ✓ Le lait demi-écrémé la teneur en matières grasses dans ce type du lait est entre 1,5 à 1,8% ;
  - ✓ Le lait écrémé ne contient presque pas de gras (moins de 0,5%).
- **Le type de traitement thermique**

#### 1.2.1.1. Lait non traité thermiquement

##### 1.2.1.1.1. Lait cru

Le lait cru collecté à la ferme par traite manuelle ou mécanique. Le lait cru est soit acheminé directement vers un centre de collecte réfrigéré soit, dans le cas des grandes exploitations, stockés dans des cuves réfrigérées avant transport, dans ces conditions (stockage réfrigéré), la flore microbienne est stable. (Guiraud, 1998)

Le lait doit provenir d'animaux sains, sous contrôle vétérinaire, issus d'une préparation (traite, conditionnement, stockage) effectuée dans des conditions d'hygiène satisfaisantes. (Mahaut et al, 2005)

#### 1.2.1.2. Lait traité thermiquement

C'est des laits ayant subi différents traitements thermiques afin de prolonger la durée de leur conservation et préserver leurs propriétés nutritionnelles et organoleptiques.

#### 1.2.1.2.1. Lait pasteurisé

La pasteurisation consiste à amener le lait à une température suffisamment élevée (75-85°C pendant 15 à 20S) et à détruire les bactéries pathogènes pendant un certain temps (Veisseyre, 1979).

La pasteurisation désactive la phosphatase du lait cru. Immédiatement après la pasteurisation, il faut refroidir le lait pour le ramener le plus tôt possible à une température ne dépassant pas 6°C (Vierling, 1998).

#### 1.2.1.2.2. Lait stérilisé

Le nom « lait stérilisé » fait référence au lait préalablement conditionné dans un emballage hermétique, puis chauffé à 115-120°C pendant 15 à 20 minutes pour la destruction des bactéries qui pourraient s'y être développées. Le lait est ensuite rapidement refroidi. Il peut être conservé à température ambiante tant que l'emballage n'est pas ouvert (Gem-Rcn, 2009).

#### 1.2.1.2.3. Lait U.H.T

Le lait UHT est un lait de longue durée qui a été stérilisé à haute température ( $T > 130^{\circ}\text{C}$  pendant 2S). Bon goût, presque pas de déformation, se conserve plusieurs mois à température ambiante (Alais et Linden, 1987).

#### 1.2.1.2.4. Lait concentré

On obtient le lait condensé à partir de la concentration du lait destiné à la consommation. La concentration du lait peut être avec ou sans sucre ajouté (Jora, 2001).

La stabilité du lait peut être assurée en réduisant l'activité de l'eau, qui est obtenue par élimination partielle de l'eau et addition de sucre, par évaporation sous vide pour abaisser la température d'ébullition. L'évaporation a lieu dans des évaporateurs à tubes ou à plaques (Jeantet et al, 2008).

L'ajout de saccharose assure une conservation du produit sans nécessiter d'étape de stérilisation en limitant le développement des micro-organismes, avec une teneur en eau environ 24%, une concentration en ingrédients près de trois fois celle du lait, et une teneur en saccharose jusqu'à 40% (Vierling, 2003).

#### 1.2.1.2.6. Poudre de lait

Selon la législation, le lait en poudre est un produit obtenu par élimination d'une partie de l'eau du lait et se divise en trois catégories : le lait entier en poudre, le lait partiellement écrémé et le lait écrémé en poudre (Michel et al, 2002).

### 1.2.2. Les procédés de traitements thermiques appliqués au lait

Les différents traitements thermiques appliqués au lait ont pour objectif de détruire les microorganismes pour améliorer la qualité hygiénique et allonger la DLC des produits et d'inactiver certaines enzymes pour améliorer la stabilité des produits au cours de leur stockage.

#### 1.2.2.1. La pasteurisation

La pasteurisation consiste à chauffer à 72°C pendant 15 ou 20 secondes. Il est souvent appelé processus de courte durée à haute température ou HTST. Ce type de pasteurisation est utilisé partout dans le monde. Cependant, lorsque la qualité du lait cru est moyenne ou que la qualité microbiologique est mauvaise, la température et le temps de chauffage doivent être augmentés. C'est ainsi qu'il peut atteindre ou dépasser 80°C avec un temps de maintien de 1 ou 2 minutes.

Une bonne pasteurisation HTST a un impact négligeable sur la qualité organoleptique et nutritionnelle du lait. Les modifications néfastes, affectant en particulier la saveur (goût cuit), ne se produisent que lorsque le traitement est plus sévère (Lubin, 1998).

Autrefois, le barème température/temps (72°C pendant 12 secondes) de la pasteurisation visait principalement la destruction du bacille tuberculeux qui est résistant à la chaleur, mais actuellement, la durée du chauffage est augmentée à 15 secondes pour permettre de détruire le bacille *Coxiella burnetti*.

Pour maintenir les propriétés hygiéniques du lait pasteurisé, il faut éviter la recontamination, qui se produit souvent lors de la distribution de lait en vrac, il doit donc être bouilli avant la consommation. C'est pourquoi, une fois réfrigéré, le lait pasteurisé doit être conditionné dans des emballages de vente au détail (bouteille en verre ou en plastique, boîtes, sacs en plastique) (Lubin, 1998).

### 1.2.2.1.1. Les types de pasteurisation

Les quatre types de pasteurisation du lait varient en fonction de la température appliquée sur le lait et de sa durée de conservation ;

**1.2.2.1.1.1. Pasteurisation à basse température :** est une pasteurisation à longue durée où le lait subit un chauffage à 63°C pendant 30 minutes.

**1.2.2.1.1.2. Pasteurisation à haute température :** Ce type de traitement se fait à courte durée dans laquelle lait est chauffé à 72° pendant 15 seconde (**Sanjogta, 2022**). La date limite de consommation (DLC) des laits ayant subit ce type de pasteurisation est de 7 jours après conditionnement (dans des bouteilles en verre ou en carton, polyéthylène ou aluminium) (**Jeantet et al, 2008**).

**1.2.2.1.1.3. Ultra pasteurisation (UP) :** dans ce type de traitement le lait est chauffé de 138°C à 150°C pendant une à deux secondes.

**1.2.2.1.1.4. Pasteurisation à ultra haute température :** elle consiste à faire chauffer le lait à 137°C pendant 2 secondes (**Sanjogta, 2022**).

### 1.2.2.2. La stérilisation

La stérilisation c'est une méthode de conservation qui consiste à faire chauffer le lait à une température supérieure à 100°C. Ce type de traitement vise à détruire tous les microorganismes, y compris les spores, ainsi que toutes les enzymes et toxines, ce qui permet au produit d'être stable au cours d'un long stockage (entre 5 à 6 mois) (**Lubin, 1998**).

#### 1.2.2.2.1. Les méthodes de stérilisation

Pour la bonne conduite de la stérilisation, les techniques modernes préconisent d'appliquer une pré-stérilisation ou une pasteurisation qui a pour objectif d'éliminer la majorité des microorganismes et de procéder à une stérilisation dans des conditions thermiques moins sévères permettant de limiter les modifications du lait, d'une part. D'autre part, d'améliorer la stabilité du lait par formation d'un complexe caséine-kappa / bêta- lactoglobuline.

Une bonne méthode de pré-stérilisation consiste à chauffer le lait en continu à 130-140 °C pendant 3 à 4 secondes dans un appareil UHT. Ensuite, il est refroidi, homogénéisé, puis envoyé à la stérilisation (**Lubin, 1998**).

#### 1.2.2.1.1. Stérilisation en récipients clos

- **Méthode discontinue** : l'une des premières étapes, qui est la plus simple, consiste à soumettre le lait préalablement stocké dans des bouteilles hermétiques à une procédure de chauffage à la vapeur dans un autoclave à 120°C pendant 20 minutes. La montée et la descente de la température sont progressives et lentes. La saveur et la couleur du lait ont changé et sa concentration en vitamines hydrosolubles a diminué. Lorsque le lait est fortement contaminé par des spores bactériennes, sa stabilité n'est pas garantie.

Ce procédé est amélioré par l'utilisation d'autoclaves rotatifs ou à paniers agités, ce qui accélère les échanges thermiques et permet l'application d'un traitement plus doux, limitant ainsi les modifications des propriétés organoleptiques du lait.

Malheureusement, cette méthode présente l'inconvénient de nécessiter des durées globales de traitement important en raison de la lenteur de la montée en température et du refroidissement, ce qui de plus, est défavorable à la qualité organoleptique du lait (**Lubin, 1998**).

- **Méthode continue** : elle est employée, lorsque les quantités du lait sont importantes. La température souhaitée est rapidement atteinte pour les bouteilles. Dans le cas de bouteilles en verre ou de récipients métalliques, le dispositif à pression d'eau ou séparateur hydrostatique est généralement utilisé. Il est composé de trois colonnes verticales : une colonne ou chambre de vaporisation sous pression reliée à l'atmosphère par deux colonnes d'eau symétrique qui équilibrent la pression à l'intérieur de la chambre.

Les récipients sont introduits en continu dans les supports solides d'un transporteur à chaîne qui passe entre les trois colonnes. Certains appareils permettent une agitation continue. Ils entrent dans la première colonne de chauffe, où la température ambiante du lait est fixée à environ 100 °C. Ils entrent ensuite dans la deuxième unité, appelée stérilisateur, où le lait est chauffé à une température allant de 100 à 120 °C, selon la technologie utilisée. Ils vont à la troisième colonne, où ils sont refroidis (**Lubin, 1998**).

#### 1.2.2.2.1.2. Stérilisation en vrac ou en flux continu

Dans ce type de stérilisation le chauffage du lait se fait à haute température (135-150°C) pendant une courte durée (1 à 5 secondes), ce traitement a pour objectif l'élimination des microorganismes et l'inactivation des enzymes sans destruction des propriétés organoleptiques et biochimiques du lait. Ce processus se fait en flux continu, il est appelé traitement à ultra-haute température ou UHT (**Lubin, 1998**).

Les procédés UHT mettent en œuvre :

- Soit un chauffage indirect dans des échangeurs tubulaires ou à plaques : ce sont des échangeurs similaires à ceux utilisés pour la pasteurisation mais modifiés selon le traitement appliqué qui est de 145°C pendant 3 à 4 secondes.
- Soit le chauffage direct par contact du lait et de vapeur d'eau sous pression : ce processus implique le mélange simultané du lait et de vapeur, ce qui entraîne une élévation quasi instantanée de la température du lait à 140-150°C pendant 2 secondes. Une partie de la vapeur se condense dans le lait, ce qui le dilue d'environ 10%. Par conséquent, il est nécessaire de continuer à chauffer afin de ramener la matière sèche du lait à sa teneur initiale.

Le chauffage direct du lait peut être réalisé soit par injection de vapeur dans le lait ou par pulvérisation du lait dans la vapeur (**Lubin, 1998**).

#### 1.2.2.3. Le séchage

Le séchage est défini comme le processus d'élimination de l'eau présente dans le lait en appliquant de la chaleur par évaporation. Dans cette méthode, l'activité de l'eau est réduite pour empêcher la croissance des microorganismes responsables de la détérioration (**Sanjogta, 2022**).

### 1.2.2.3.1. Les méthodes de séchage :

Les deux méthodes principales de séchage sont (**Lubin, 1998**).

**1.2.2.3.1.1. Le séchage sur un cylindre, ou procédé Hatmaker :** Dans ce procédé le lait est chauffé intérieurement par vapeur à 140°C à la surface de deux cylindres tournant en sens inverse. Il se forme un film de lait qui sèche très rapidement, formant une croûte détachée par un racleur. Un processus de chauffage sévère modifiera la structure physicochimique du produit. Les conséquences comprennent une solubilité réduite, un goût amer, et le brunissement de la poudre.

**1.2.2.3.1.2. Le séchage par pulvérisation (procédé spray ou par atomisation) :** Dans ce cas, le processus de séchage était forcé, l'air chaud agissant comme un moyen de transfert de la chaleur et l'humidité. L'eau s'évapore instantanément par diffusion, ce qui entraîne le refroidissement de l'air et de la poudre en dessous de 90°C.

### Classification du lait en poudre

Il existe plusieurs méthodes qui permettent de classer la poudre de lait. La méthode la plus courante est l'indice des protéines solubles, le plus souvent désigné par les initiales WPNI (Whey Protein Nitrogen Index). Cette méthode est fondée sur la quantité de protéines de lactosérum non dénaturées et restées à l'état soluble après traitement thermique.

On peut distinguer :

- Poudres / on heat avec WPNI égal ou supérieur à 6 : dans ce cas le traitement du lait reste faible, il s'agit des poudres de la meilleure qualité
- Poudres medium heat avec WPNI compris entre 4,5 et 5,9
- Poudres medium – high heat avec un WPNI compris entre 4,4 et 1,4
- Poudres high-heat avec WPNI inférieur à 1,5 (**Lubin, 1998**).

#### 1.2.2.4. La concentration du lait

Le processus de concentration est généralement réalisé par évaporation thermique sous vide, qui implique à la fois un transfert de matière et un transfert de la chaleur. Le transfert de la matière est la transformation de l'eau du lait liquide en vapeur, ce qui se traduit par un résidu liquide plus concentré. Le transfert de chaleur concerne, d'une part, la chaleur nécessaire pour chauffer le lait liquide avant concentration et le refroidir après concentration ainsi que celle de l'eau utilisée pour produire le lait liquide.

La concentration est réalisée par ébullition dans des vides partiels ou des évaporateurs pour abaisser la température d'ébullition. Il s'agit de dispositifs à fonctionnement continu et à effets multiples, ou évaporateurs multiples auxquels de nombreuses améliorations ont été apportées afin de réduire la consommation d'énergie (**Lubin, 1998**).

##### 1.2.2.4.1. Les différents types de lait concentrés

**1.2.2.4.1.1. Lait concentré ordinaire :** il est fabriqué à partir du lait entier ou de lait filtré. Après concentration et homogénéisation, il est placé dans des récipients métalliques et stérilisé à l'autoclave. Selon la norme du code principal de FAO/OMS, le lait concentré a une teneur minimum en matière grasse laitière de 7,5% par millilitres et une teneur minimum en extraits secs laitiers de 25% par millilitres, le lait écrémé concentré à une teneur minimum en extraits secs laitiers de 20% par millilitres (**Lubin, 1998**).

**1.2.2.4.1.2. Lait concentré sucré :** ce type de lait est obtenu soit à partir du lait entier ou écrémé et auquel des sucres sont ajoutés qui assurent la conservation du produit sous stérilisation (**Lubin, 1998**).

### 1.2.3. Durée de conservation du lait

Le tableau ci-dessous présente la durée de conservation des différents types de lait traité thermiquement.

**Tableau III :** Classification du lait selon le mode de transformation (Anonyme, 2019)

Type du lait	Conservation avant l'ouverture	Conservation après l'ouverture
Lait cru	En enceinte réfrigérée à +4°C 48 heures maximum après la traite.	Ébullition durant 5 à 8 minutes.
Lait frais pasteurisé	En enceinte réfrigérée à +4°C, jusqu'à la DLC (7 jours après le conditionnement).	En chambre froide à +4 °C, dans le conditionnement d'origine, 2 à 3 jours en tenant en compte de DLC, 24 heures en collectivité.
Lait stérilisé de 115 à 120°C durant 15 à 20 minutes	L'économat ou dans un local à une température n'excèdent pas 15°C, à l'abri de la lumière jusqu'à la DLC (J+ 120, ou 150 jours maximum)	En enceinte réfrigérée à +3°C, 1 à 2 jours maximum
Lait stérilisé UHT 140 à 150 °C durant 4 à 5 secondes	L'économat ou dans un local à une température n'excèdent pas 15°C jusqu'à la DLC (J+90)	En enceinte réfrigérée à +3°C durant 1 à 2 jours maximum.
Lait concentré	A l'économat ou dans un local à une température n'excèdent pas 15°C durant 12 à 18 mois selon la DLUO (Date Limite de L'utilisation Optimale).	En enceinte réfrigérée à +3°C durant 1 à 2 jours maximum.
Lait en poudre	A l'abri de la chaleur et de l'humidité jusqu'à la DLUO, 12 a 18 mois après la date de fabrication.	A l'abri de la chaleur et de l'humidité : <ul style="list-style-type: none"> <li>• lait entier : 10 jours ;</li> <li>• lait demi-écrémé : 2 semaine ;</li> <li>• lait écrémé : 3 semaine ;</li> <li>• après la reconstitution l'utilisation immédiatement.</li> </ul>

### 1.3. Effet des traitements technologiques sur la qualité du lait

Les traitements technologiques appliqués au lait peuvent avoir plusieurs effets. Ces effets différents selon le type de traitement utilisé, sa durée et les conditions d'application.

Ces traitements technologiques peuvent modifier la composition de lait, donc sa valeur nutritionnelle. Certaines modifications sont évidentes telles que l'écémage qui débarrasse le lait de sa matière grasse et de ses acides gras essentiels, et entraîne des pertes en vitamines A et E liposolubles (**Hermier et Cert, 1987**).

Les effets de la modification de la température du chauffage sont plus perceptibles sur les composants protéiques du lait, mais moins sur la matière grasse, et ils se multiplient proportionnellement aux changements de temps de chauffage (**Renner, 1989**).

#### - Dénaturation des protéines

Les protéines sont dénaturées au cours des différents processus technologiques impliquant des transferts thermiques (pasteurisation, évaporation et séchage). Cette dénaturation peut se limiter à des changements de structure sans perte de solubilité, avantageux ou non d'un point de vue fonctionnel. Mais cette dénaturation peut également conduire à une agglomération qui à la fois compromettent la qualité du produit et favorisent la croissance des surfaces d'échange thermique, entraînant une diminution des coefficients et transfert thermique (**Dannenberg et Kessler, 1988**).

#### - Dégradation du lactose

Il a été démontré que le lactose peut se fixer au  $\beta$ -Lg dans des conditions thermiques très contrôlées (**Léonil et al, 1997 ; Morgan et al, 1997**).

Le développement de la réaction de Maillard a pour effet de modifier à la fois la qualité organoleptique (brunissement et manque de saveur) et la qualité nutritionnelle (faible disponibilité en lysine). Dans le cas d'un traitement thermique très intensif des matières premières (stérilisation), de la lactulose est produit à la suite de la conversion de la liaison glucosidique du lactose en fructose (**Andrews et Prasad, 1987**).

La quantité de lactulose ou la quantité de furosine libérée par l'acide d'hydrolyse de lactolosyl-lysine (composé d'Amadori), un produit de la réaction de Maillard, respectivement, peut être utilisé pour estimer le degré de traitement thermique auquel le produit a été soumis au cours du processus technologique (**Birlouez-Aragon et al, 2010**). La dégradation du lactose entraîne également la production de l'acide lactique, ce qui provoque une baisse du pH (**Berg et Van Boekel, 1994**).

- **Effets sur la structure du globule gras (lipides)**

Les contraintes mécaniques subies par le produit lors de la concentration par filtration ou évaporation, l'homogénéisation ou l'atomisation modifient la forme des globules gras (**Walstra et Jenness, 1984**).

La contrainte la plus forte est exercée par l'homogénéisation, qui réduit le diamètre et modifie les propriétés physiques et chimiques de la membrane des globules gras en favorisant l'adsorption des micelles de caséine et des protéines solubles (**Caric, 1993**).

C'est pourquoi les conditions de température et d'homogénéisation ont un impact sur la stabilité de la fraction lipidique et ses propriétés technologiques. Ce procédé mécanique réduit entre autres la quantité de matière grasse flottante qui, en enrobant les grains de particules de poudre de la matière grasse, dégradent la qualité de la poudre (oxydation de la matière grasse, diminution de l'indice de dispersibilité (ID) et de la mouillabilité (IM), mauvaise évaporation) (**Boudier et Schuck, 2010**).

- **Effet sur les minéraux**

En raison des quantités initialement très élevées de ces minéraux, le chauffage du lait réduit la proportion de Calcium et de phosphore soluble. De plus, la chaleur fait diminuer le fluor ionisé (**Huppertz, 2012**).

Le pH, la force ionique, l'activité calcique et la température qui affectent la solubilité du phosphate de calcium influencent la répartition des sels phosphocalciques entre les phases solvant et colloïdale. Une température élevée réduit la solubilité, ce qui explique le déplacement des éléments vers la phase colloïdale. Ce transfert sera renforcé si, en plus du traitement thermique, des mesures sont prises pour concentrer les espèces ioniques (**Schuck et al, 1994**).

Cette diminution de la solubilité du sel se produit fréquemment avec une accumulation sur les surfaces d'échange thermique. Le niveau d'in solubilisation et d'incrustation est particulièrement faible compte tenu de la forte prévalence de caséine. Les protéines des lactosérums n'ont pas la même capacité à mobiliser le Ca lors de la sursaturation, et les phénomènes de précipitation et d'incrustation dans les évaporateurs et les échangeurs sont beaucoup plus marqués. Une baisse de PH se produit avec la production de phosphate tricalcique (**Graët et Brulé, 1982**).

- **Effet sur les vitamines**

La thiamine, la cyanocobalamine et l'acide ascorbique sont considérés comme des vitamines thermosensibles. Lorsque l'exposition à la chaleur se produit à l'abri de l'oxygène et de la lumière, les autres vitamines ne sont pas détruites.

L'ébullition domestique, parfois à des températures élevées et pendant une période prolongée, réduit considérablement la teneur en vitamines du lait. La détérioration des vitamines se poursuit pendant le stockage, en particulier dans un environnement humide (**Renner, 1989**).

- **Effet sur les enzymes**

Les enzymes endogènes, telles que la peroxydase et les phosphatases alcalines, sont très sensibles à la température. Leur disparition sert de gage d'efficacité de la méthode thermique utilisée car la xanthine-oxydase n'est détruite qu'à des températures supérieures à 85°C et les phosphatases acides supportent la pasteurisation mais pas l'UHT. En déterminant le profil enzymatique d'un lait, on peut déterminer le traitement qu'il a subi et, Par conséquent, son origine. Le chauffage prolongé à haute température nécessaire pour détruire ces enzymes exogènes endommage également le lait. Leur présence continue favorise le développement d'acides gras, source d'acidité et de rancissement dans le lait UHT (**Gagnaire, 2001**).

- **Modification de la saveur et de la texture :**

Le goût et la texture du lait peuvent être affectés par la pasteurisation. Même si cela peut varier d'une personne à l'autre, certains consommateurs remarquent un léger changement de saveur. De plus, la texture peut être légèrement altérée par la pasteurisation, notamment par une diminution de la viscosité.

**Tableau IV** : Effets de divers traitements thermiques sur la qualité du lait. (Fao, 1995)

Procédés	Effet sur la qualité de lait
Pasteurisation basse et stérilisation UHT	Pas de modification nutritionnelle ou organoleptique
stérilisation classique	Apparition de goût cuit
	Brunissement de lait
	Pertes notables de thiamine
	Pertes élevée de vitamine B12
Ebullition domestique	Destruction de la vitamine C
	Diminution de la digestibilité
	modification des protéines solubles
Pasteurisation haute, non à l'abri de l'air	Altération de l'équilibre minéral
	Dégagement de CO <sub>2</sub>

## **2. Matériel et méthodes**

L'objectif de la présente étude est d'évaluer les effets de certains traitements technologiques faisant appel à la chaleur sur la qualité et la quantité des protéines dans différents échantillons de laits commercialisés.

La partie pratique de l'étude a été réalisée au niveau de deux laboratoires différents :

- Laboratoire d'autocontrôle de la fromagerie « Family Cheese » dans la région TIMIZART (FREHA, TIZIOUZOU).
- Laboratoire pédagogique de Biochimie au niveau du département Biochimie – Microbiologie de la Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou.

### **2.1. Matériel**

#### **2.1.1. Échantillonnage**

L'étude a porté sur 3 types de traitements thermiques : la pasteurisation, la stérilisation et le séchage, 3 échantillons de lait de chaque type de traitement ont été collectés et pour chaque type. Tous les types de lait sont collectés dans des bouteilles propres et bien séchées en Mars 2023. Les échantillons sont acheminés au laboratoire dans une glacière.

3 échantillons de lait de vache cru provenant de 3 régions différentes de la wilaya de TIZI OUZOU sont utilisés comme référence. Le lait en poudre a été reconstitué dans l'ordre de 100g de poudre dans 1000 ml d'eau distillé tiède.

#### **2.1.2. Produits biologiques**

Albumine sérique bovine (BSA)

#### **2.1.3. Produits chimiques**

Folin-Ciocalteu, Carbonate de sodium anhydre pure, hydroxyde de sodium, pierre bleu vitriol de cuivre et hydroxyde de cobalt, tartrate de sodium et potassium, Chlorhydrate de tris méthyle amine (Tris-HCL), 2- bêta mercaptoéthanol, glycérol, bleu bromophénol, glycine, solution d'acrylamide, N, N, N', N'Tétra Méthyle Ethylène Diamine (TEMED), HCL 4N

#### 2.1.4. Appareillage

- Lactoscan (Master Classique)
- Unité d'électrophorèse en mini-cuve (HOEFFER SE 260) composée : couleur de gel, cuves d'électrophorèse, générateur de courant (max 250V, 100 mA), plaques en verre et en hydroxyde d'alumine, espaceurs de 1mm d'épaisseur.
- Balance de précision
- Centrifugeuse
- pH-mètre (Hanna instruments, France)
- Spectrophotomètre UV- visible (Jenway, Royaume-Uni)

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Mesure du pH

La valeur du pH est considérée comme un indicateur de l'état de fraîcheur du lait, elle est lue directement sur le pH-mètre à température ambiante (23,9°C) après immersion de son électrode dans les échantillons à analyser. Les mesures sont précédées d'une étape d'étalonnage qui consiste à ajuster le cadre de lecture du pH à l'aide de solutions étalon.

#### 2.2.2. Détermination de la qualité physicochimique des échantillons de lait

L'analyse physico-chimique des échantillons a porté sur la mesure de certains paramètres physiques (point de congélation, point d'ébullition, densité) et chimiques (ESD, teneur en lactose, teneur en protéines, teneur en matière grasse, sels, pH).

Cette analyse est réalisée à l'aide du Lactoscan, toutes les mesures sont réalisées en 3 essais.

#### 2.2.3. Séparation des protéines du lactosérum

Afin de séparer les grands groupes de lactoprotéines (protéines sériques et caséines), les échantillons de lait sont traités selon le schéma illustré en **(Figure 05)**.

### **2.2.3.1. Écrémage**

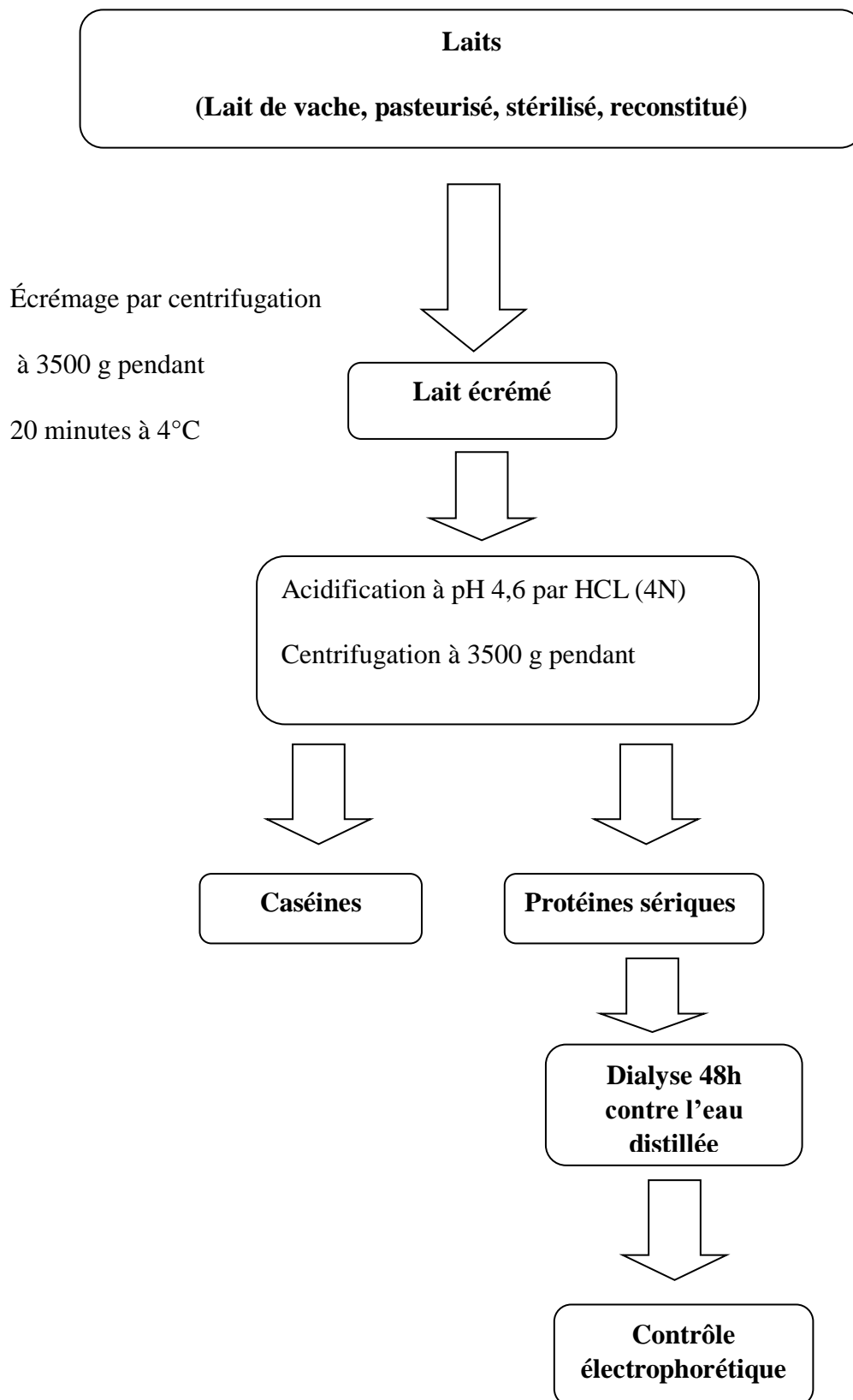
L'écrémage est réalisé par centrifugation à 3500 g pendant 20 minutes à 4°C, la crème obtenue est écartée à l'aide d'une spatule, alors que le lait est filtré sur la gaze, cette opération est répétée deux fois afin d'éliminer complètement la matière grasse.

### **2.2.3.2. Acidification**

Une fois écrémé, le lait subit une acidification jusqu'au pH isoélectrique des caséines (pH 4,6) avec l'acide chlorhydrique 4N. Le lait acidifié est centrifugé à 3500g pendant 20 minutes à 4°C. Le culot obtenu représente les caséines qui sont récupérées dans un volume minimum d'eau distillée, quant au surnageant, il représente la fraction des protéines sériques dont le pH est neutralisé à 7.

### **2.2.3.3. Dialyse**

Les échantillons de protéines sériques sont dialysés contre l'eau distillée à 4°C pendant 48 heures sous agitation douce, en utilisant des membranes de dialyse dont le seuil de coupure est de 8000Da.

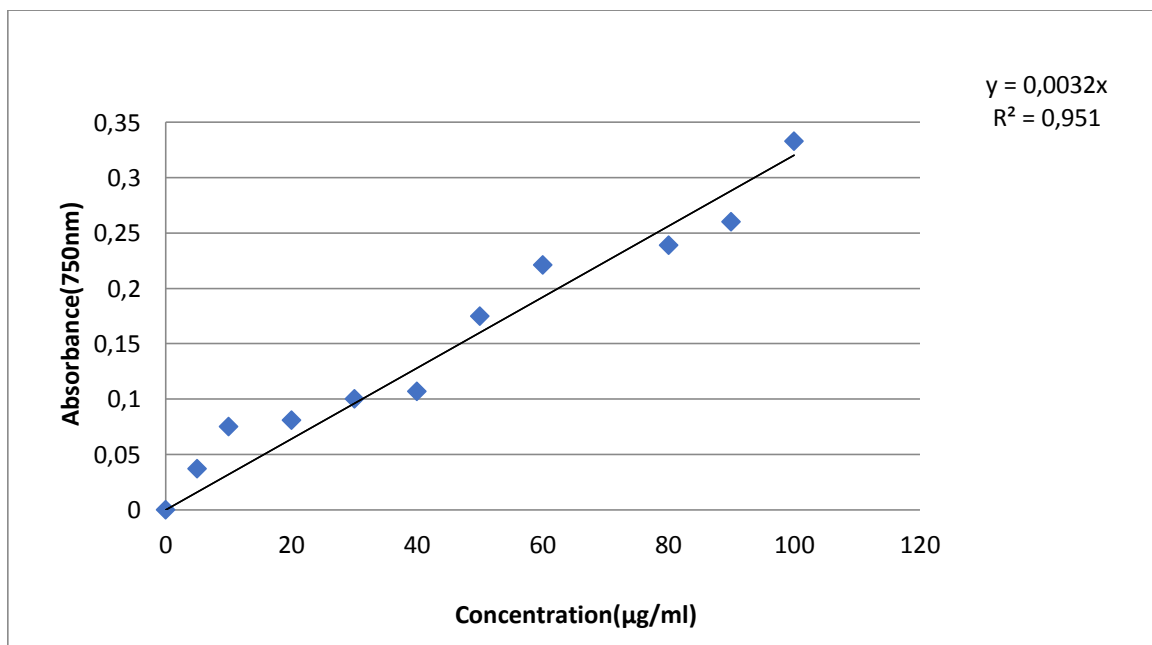


**Figure (04) :** Schéma illustrant les étapes suivies pour la séparation des protéines sériques et des caséines des échantillons de lait analysés

#### 2.2.4. Détermination de la teneur en protéines

La méthode de Lowry est une méthode de dosage colorimétrique des protéines créé en 1951 par le biochimiste Américain Oliver. H. Lowry, elle est essentiellement basée sur la méthode du Biuret. Dans cette méthode, les protéines réagissent d'abord avec le réactif de Gornall (réaction cuivrique alcaline), puis le réactif de Folin- Ciocalteu (réaction phosphotungstomolybdique). Cette dernière permet la réduction des acides aminés aromatiques comme la tyrosine et le tryptophane, entraînant la création d'un complexe de couleur bleue dont l'absorbance peut être mesurée à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV- visible.

Afin de déterminer la teneur totale en protéines de l'échantillon de dosage, une droite d'étalonnage est tracée en utilisant l'Albumine Sérique Bovine (BSA) comme protéine de référence (**Figure 05**).



**Figure (05)** : courbe d'étalonnage pour le dosage des protéines par la méthode de Lowry et al (1951) en utilisant la BSA comme protéine de référence.

## 2.2.5. Caractérisation électrophorétique des protéines du lait analysé

### 2.2.5.1. Principe de l'électrophorèse sur un gel polyacrylamide (PAGE)

L'électrophorèse sur un gel polyacrylamide ou PAGE est une technique qui utilise un gel réticulé, ce gel est fabriqué par la polymérisation de l'acrylamide ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2\text{CO}_2\text{NH}_2$ ) et le bis acrylamide (N, N-méthylène-bis acrylamide) qui est l'agent pontant. Cette réaction se fait grâce à l'ajout de deux substances réactives le TEMED (N, N, N, N-tétra méthylène Diamine) et de persulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ .

### 2.2.5.2. L'électrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE native)

La PAGE native est la méthode la plus simple dans la séparation électrophorétique, utilisée particulièrement pour les protéines sériques. Dans cette technique les protéines sont séparées en fonction leur taille, forme et charge (rapport charge/taille).

Le protocole adopté est celui décrit par **Hillier, (1976)**, un gel de polyacrylamide dans des conditions non dissociantes et non dénaturantes a été réalisé à (T=12% et C= 2,7%). Le tampon de gel est composé du Tris 0,5M (pH 8,9) et le tampon d'électrode est composé du Tris 5mM ; glycine 77mM (pH 8,3).

Dans la méthode électrophorétique, PAGE native, le gel est coulé entre deux plaques l'une en verre et l'autre en alumine, puis un peigne entre ces dernières. Après polymérisation du gel, le peigne est retiré et les échantillons protéiques sont déposés dans les puits à raison de 15 $\mu\text{l}$  à l'aide d'une seringue Hamilton. Les plaques sont placées sur les cuves de migration, puis une tension électrique est appliquée (20 mA ; 250 V).

### Détection des protéines dans le gel d'électrophorèse

Après migration, le gel est démoulé et les protéines sont fixées par une solution d'acide trichloracétique (12%) pendant 45 minutes, puis colorées par le bleu de Coumassie R250 pendant 2h, enfin, décolorées par des bains de solution de décoloration composées d'eau distillée(312,5ml), méthanol(150ml) et l'acide acétique(37,5ml).

### 2.2.6. Analyse statistique

L'analyse statistique consiste en l'étude de la variance par le test ANOVA en utilisant le logiciel R.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Résultats d'analyse physico-chimique

##### 3.1.1. Composition chimique

Le tableau V regroupe les moyennes et les écarts types des caractéristiques chimiques effectuées sur les échantillons de lait.

**Tableau V** : Résultats d'analyse chimique des échantillons de lait

Paramètres	Lait pasteurisé	lait stérilisé	lait atomisé	lait de vache
pH	6,23 ± 2,03	6,33 ± 2,35	6,32 ± 2,33	6,53 ± 2,43
MG (g/l)	19,54* ± 7,32	15,5* ± 5,81	30,18* ± 11,27	32,17* ± 11,69
Lactose (g/l)	44,56* ± 16,58	54,12* ± 20,03	34,61* ± 12,87	67,93* ± 24,78
Protéines (g/l)	29,71* ± 11,09	35,85* ± 13,31	22,92* ± 8,51	46,43* ± 16,79
ESD (g/l)	81,69 ± 30,35	98,7 ± 36,59	63,89 ± 23,72	122,08 ± 44,45
Sels (g/l)	5,94 ± 2,18	7,35 ± 2,71	4,99 ± 1,83	9,49 ± 3,36

#### - PH

Comparativement au lait de vache, les laits traités thermiquement utilisés durant cette étude (pasteurisé, stérilisé, atomisé) sont légèrement acide (pH=6,2 : pasteurisé, pH=6,3 : stérilisé, pH=6,3 : lait en poudre).

Les valeurs du pH relevées dans la présente étude pour les laits traités thermiquement se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs tels que **Siboukeur, (2007)** (6,31) et **Chethouna, (2011)** (6,37).

La valeur du pH mesurée dans le lait de vache comprise dans l'intervalle appliquée par l'entreprise qui comprise entre (6,45 et 6,8) et par celle fixée par la **FOA** (6,4-6,9).

La variance existe entre les valeurs du pH de lait de vache par rapport aux autres échantillons de lait analysés indique une acidification du lait qui peut être due à un stockage inadéquat (**Diao, 2000**).

#### - Matière grasse

Les valeurs de la MG des échantillons analysés sont différentes, dans le lait de vache, la teneur en matière grasse est estimée à 32,17 g/l, elle est supérieure par rapport aux autres échantillons : pasteurisé (19,54 g/l), stérilisé (15,50g/l), lait en poudre (30,18g/l).

L'examen des résultats mentionnés dans le tableau V, montre que la teneur en matière grasse du lait de vache est dans l'intervalle de la norme fixée par l'entreprise du Milalait (28 g/l et 40 g/l).

La teneur en matière grasse du lait pasteurisé et stérilisé est également conforme aux normes fixées par le journal officiel de la république Algérienne (1993) (15 à 20g/l).

Cette différence, pourrait expliquée par la composition du lait de vache qui est naturellement riche en matières grasses et le traitement thermique du lait comme la pasteurisation et la stérilisation, qui entraine la destruction des certains globules gras. Cela se produit parce que la chaleur dénature les protéines qui enveloppent les matières grasses, ce qui les rend plus susceptibles de se briser.

#### - **Lactose**

Les échantillons du lait analysés présentent des différentes teneurs en lactose : (67,93 g/l) pour le lait de vache, (34,61g/l) pour le lait atomisé, (54,12 g/l) pour le lait stérilisé et (44,56 g/l) pour le lait pasteurisé.

Le lait cru présente une forte teneur en lactose par rapport aux autres échantillons étudiés, ceci pourrait être une conséquence des traitements thermiques appliqué sur le lait en particulier la réaction de Maillard qui a pour effet de modifier à la fois la qualité organoleptique (brunissement et manque de saveur) et la qualité nutritionnelle (faible disponibilité en lysine).

#### - **Protéines**

En ce qui concerne les protéines, les résultats que nous avons obtenus montrent que la teneur en protéines dans le lait de vache est élevée (46,43 g/l) par rapport aux autres échantillons analysés : pasteurisé (29,71g/l), stérilisé (35,85 g/l), atomisé (22,92 g/l). Ceci est dû aux traitements thermiques appliqués sur le lait.

Selon les résultats trouvés pour les deux échantillons du lait pasteurisé et stérilisé, on constate que le taux de protéines est dans l'intervalle des NIE (28 et 36 g/l).

La teneur en protéines du lait atomisé est plus faible par rapport au lait de vache. Cette teneur ne répond pas aux normes rapportées dans le **JORA, (1998)** (31 g/l et 33 g/l), ceci pourrait être exprimé par le traitement d'atomisation sur le lait qui abaisse le taux des protéines et entraine leurs dénaturations qui modifie la structure des protéines, ce qui les rend moins actives et moins solubles.

Cette concentration en protéines dans le lait de vache est en relation avec la saison (le taux protéique est plus élevé en hiver) **Debouz et al, (2004)**, surtout au niveau de l'alimentation (forte de taux en protéines en période de présence fourragère hivernale) (**Hodenet Coulon, 1991**).

#### - Sels

Pour le lait de vache, on a noté avec intérêt que la valeur de sels est élevée (9,49 g/l) par rapport aux autres échantillons : pasteurisé (5,94 g/l), stérilisé (7,35 g/l), atomisé (4,99 g/l).

La teneur en sel du lait de vache notée est proche à celle présentée par **Alais et al, (2008)** (9g/l). Ceci, pourrait être exprimé à la perte de liquide lors du traitement thermique c'est-à-dire une portion du liquide est évaporée lors du lait qui a subi un traitement thermique tel que la pasteurisation et la stérilisation. Cette perte de liquide provoque une concentration relative de composants solides, notamment minéraux, dans le lait traité thermiquement.

#### - Extrait sec dégraissé

La teneur en ESD des échantillons des laits analysés est différente, où on la trouve plus supérieure dans lait de vache (122,08 g/l) par rapport aux autres échantillons : pasteurisé (81,69 g/l), stérilisé (98,70 g/l) et surtout très faible dans le lait atomisé (63,89 g/l).

Ceci pourrait être dû à l'effet des traitements thermiques sur l'ESD du lait, en raison de la dénaturation thermique. Par contre le lait de vache non traité thermiquement conserve ses protéines dans leur état naturel, sans dénaturation. Par conséquent, il contient une plus grande quantité d'ESD par rapport au lait traité thermiquement.

### 3.1.2. Caractéristiques physiques

Le tableau VI regroupe les moyennes et les écarts types des caractéristiques physiques effectuées sur les échantillons de lait.

**Tableau VI** : Résultats d'analyse physique des échantillons de lait

Paramètres	lait pasteurisé	lait stérilisé	lait atomisé	lait de vache
Densité (kg/l)	1,03 ± 0,39	1,03 ± 0,39	1,02 ± 0,38	1,04 ± 0,39
Point de congélation	-0,50* ± 0,19	-0,60* ± 0,23	-0,40* ± 0,16	-0,78* ± 0,30

### - Densité

En comparaison avec le lait de vache, les laits traités thermiquement étudiés possèdent presque des mêmes valeurs de densité (lait de vache 1.04, lait pasteurisé 1.03, lait stérilité 1.03, lait atomisé 1.02)

Le lait atomisé représente une faible valeur par rapport aux autres échantillons du lait analysé, cette faible densité peut être le résultat d'un mouillage de lait qui consiste à ajouter au lait des liquides ou des substances diverses dans le but d'augmenter le volume de lait mis en vente.

La densité du lait de vache qu'on a étudié est un peu supérieure par rapport à la valeur de **Luquet, (1985)** qui est de (1,028 à 1,036). Cette petite variabilité montre que le lait n'a pas subi un mouillage c'est-à-dire pas d'addition d'eau qui va à son tour diminuer la densité (**Lemens, 1985**).

La densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche dégraissée). (**Mosbah, 2012 cités par Medjour, 2014**). Ce qui explique la différence des valeurs entre les différents échantillons de lait analysés.

### - Point de congélation

Les valeurs de point de congélation des échantillons de lait analysés sont différentes. Ces valeurs montrent que le point de congélation des laits traités thermiquement : Pasteurisé (-0,50°C), stérilité (-0,60°C), atomisé (-0,40°C) est légèrement supérieure à celui du lait de vache (-0,78°C).

Le point de congélation du lait est un indicateur important de la qualité, ce paramètre est utilisé pour déterminer l'addition de l'eau dans le lait (**Roginski et al, 2003**).

La valeur de point de congélation du lait de vache est inférieure à la valeur de **Mathieu, (1998)** (-0.50 et -0,55°C). Cette diminution est due à une faible absorption d'eau par l'animal selon **Henzen, (2010)**.

### 3.1.3. Le taux des protéines totales, sériques et les caséines

Le tableau VII regroupe les moyennes et les écarts types des teneurs en protéines totales, sériques et les caséines effectuées sur les échantillons de lait.

**Tableau VII :** La teneur en protéines totales, sériques et les caséines des échantillons de lait

Paramètres	lait pasteurisé	lait stérilisé	lait atomisé	lait de vache
Protéines totales g/l	28,54 * ± 8,99	39,03*± 12,48	29,34 *± 10,44	38,61*± 13,03
Protéines sériques (g/l)	4,81* ± 1,70	3,99* ± 1,31	4,99* ± 1,69	7,56*± 2,71
Caséines (g/l)	23,73* ± 7,13	35,03*± 11,08	24,35*± 8,61	31,05*± 10,14

#### - Protéines totales

Les résultats figurant dans le tableau VII indiquent des différences entre les teneurs en protéines totales des échantillons analysés du lait à savoir (38,61 g/l) pour lait de vache, (28,54 g/l) pour le lait pasteurisé, (39,03 g/l) pour le lait stérilisé et (29,34g/l) pour le lait atomisé.

La valeur des protéines totales mesurées dans le lait de vache est supérieure à celle rapporté par **Brumini et al (2016)** à savoir (34 g/l).

Ces variations dans les teneurs en protéines totales sont dues à la saison et la race (**Froc et al, 1988**), aussi d'autres facteurs comme le stade de lactation et l'âge qui ont des effets importants sur la composition du lait (**Ghaoues ,2011**).

Les différences observées entre les teneurs en protéines totales des échantillons du lait analysé : Lait de vache, lait atomisé, l'ait pasteurisé, lait stérilisé seraient dues aux différents traitements technologiques appliqués.

La teneur en protéines du lait reconstitué (29,34 g/l) est plus faible que celle du lait stérilisé et celle du lait de vache.

La teneur faible en protéines du lait pasteurisé (28,54 g/l) par rapport au lait de vache (38,61 g/l) revient à la pasteurisation appliquée sur le lait.

---

### - Protéines sériques

Les résultats obtenus montrent que la teneur en protéines sériques dans le lait de vache est élevée (7,56 g/l) à celle des autres échantillons : pasteurisé (4,81 g/l), stérilisé (3,99 g/l), atomisé (4,99 g/l).

La teneur en protéines sériques du lait de vache répond à la valeur de **Siboukeur, (2007)** à savoir (7,51 g/l) et semble proche par rapport à la norme présentée par **Farah, (1993)** (7 g/l).

Les trois échantillons traités thermiquement représentent des teneurs presque similaires comparativement au lait de vache. Cette variation entre les teneurs du lait de vache et les autres échantillons est due à la chaleur utilisée lors du traitement thermique du lait comme la pasteurisation ou la stérilisation. Également, quelques protéines sériques peuvent précipiter ou former des agrégats, ce qui diminue leur teneur dans le lait traité thermiquement.

### - Caséines

Les résultats obtenus montrent la différence entre les teneurs en caséines des différents échantillons du lait analysé à savoir (31,05 g/l) pour le lait de vache, (23,73 g/l) pour le lait pasteurisé, (35,03 g/l) pour le lait stérilisé, (24,35 g/l) pour le lait atomisé.

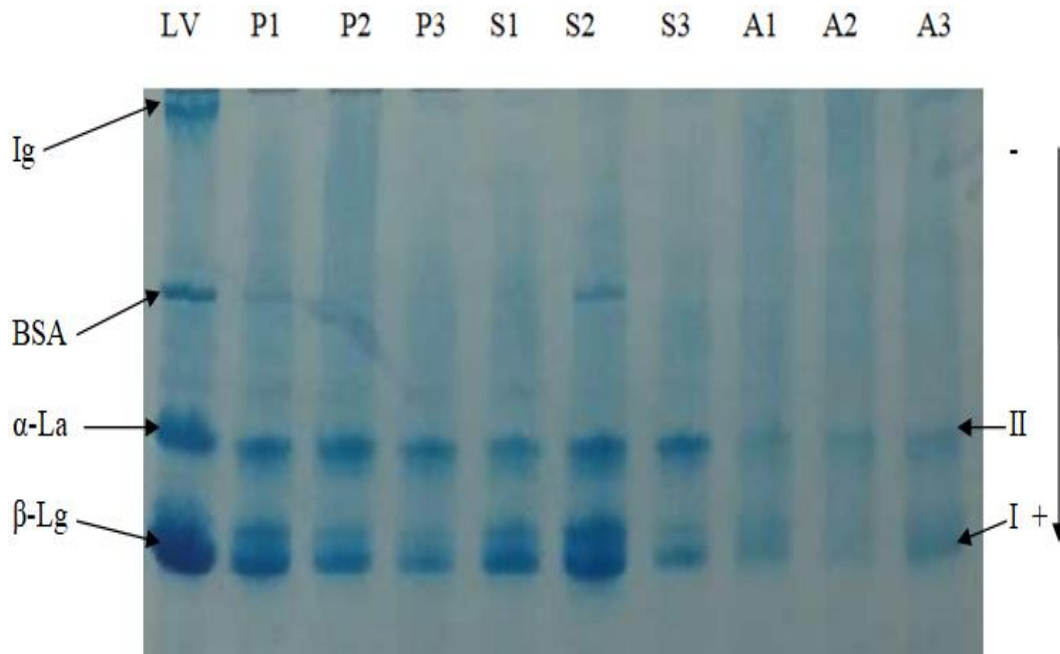
Concernant le lait de vache la valeur trouvée dans notre étude (31,05 g/l) est proche à celle de **Borbnaz et al, (2009)** qui est de (29,5g/l).

Le taux des caséines mesuré dans le lait de vache est supérieur à celui du lait pasteurisé et atomisé. Ceci, est exprimé par le processus de pasteurisation et l'atomisation qui entraînent la diminution de la teneur des caséines.

### 3.2. Caractérisation électrophorétique

#### 3.2.1. Contrôle électrophorétique des protéines sériques par page native

Selon **Wittig et al, (2007)**, les conditions non dénaturantes et non dissociantes gardent les protéines dans leur état natif, ce qui fait PAGE-native une technique résolutive des protéines sériques dans cette technique les molécules séparées selon leur poids moléculaire et ainsi leur charge et apparaissent sous forme des bandes de migration varient par leur position et leur intensité.



**Figure (07) :** Profil électrophorétique des protéines sériques en PAGE-native (T=12% ; C=2,7 ; pH=8,9) ; LV : lait de vache ; P1, P2, P3= lait pasteurisé ; S1, S2, S3 = lait stérilisé ; A1, A2, A3= lait en poudre.

Comme nous avons illustré en figure (07), les protéines sériques du lait de vache (lait de référence) obtenues en PAGE-native migrent en quatre bandes correspondant dans l'ordre croissant de leur mobilité électrophorétique aux immunoglobulines, le sérum albumine bovine (BSA), l' $\alpha$ -lactalbumine, et  $\beta$ - lactoglobuline, un profil similaire observé par (**EGITO et al, 2001**).

Selon le Profil électrophorétique observé, les protéines sériques des échantillons du lait pasteurisé (P1, P2, P3) migrent de deux bandes.

Comparativement au lait de vache (lait de référence), les deux bandes de migration (I, II) pour les trois échantillons du lait pasteurisé présentent respectivement le même niveau de migration avec l' $\alpha$ -lactalbumine et  $\beta$ -lactoglobuline ce qui suggère la possibilité de similitude dans la nature de celle-ci.

L'absence d'Ig, PP3 et de la BSA pour ces trois échantillons du lait pasteurisé pourrait être à sa faible concentration dans ces échantillons étudiés.

Les mêmes résultats ont été observé pour le lait stérilisé (S1, S2, S3) et le lait en poudre (A1, A2, A3) dans ce dernier les deux bandes de migration sans presque invisible.

D'après Lubin, (1998), la chaleur modifie la configuration des protéines sans léser la séquence polypeptidique (structure primaire). Cette dénaturation débute à 80°. Les protéines sériques sont très altérées à la chaleur ce qui exprime la décroissance des immunoglobulines, PP3 et de BSA dans tous les types du lait traité thermiquement étudié (lait pasteurisé, stérilisé, lait en poudre et une faible concentration de l' $\alpha$ -lactalbumine et de  $\beta$ -lactoglobuline dans le lait en poudre.

### Conclusion

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet des différents traitements technologiques sur la qualité des laits en particulier les protéines sériques.

Les traitements thermiques ont un effet sur la composition biochimique et nutritionnelle du lait. D'une part, cet effet est bénéfique puisqu'il assure une longue durée de conservation par la réduction de la charge bactérienne. D'autre part, ce dernier est néfaste car il réduit la qualité nutritionnelle de cet aliment.

Les analyses physico-chimiques des laits étudiés ont montré des teneurs élevées dans le lait de vache (lait de référence) par rapport aux autres échantillons étudiés (pasteurisé, stérilisé et le lait en poudre) ce qui peut exprimer l'effet de la chaleur de traitement appliqué sur le lait.

Par contre dans le dosage des protéines des laits étudiés, on remarque que les teneurs en protéines totales, sériques et les caséines dans le lait stérilisé ont relativement proche par rapport au lait de référence. Contrairement au lait pasteurisé et lait en poudre qu'ont des valeurs inférieures.

Pour la caractérisation électrophorétique des protéines sériques des laits étudiés en conditions natives et en conditions dissociantes et dénaturantes a révélé la présence de deux protéines sériques :  $\beta$ -lactoglobuline et  $\alpha$ -lactalbumine dans les laits pasteurisés, stérilisés et en poudre de façon homologue aux protéines de lait de vache, et l'absence de BSA, PP3 et Ig dans tous les échantillons étudiés.

Selon l'analyse statistique effectuée par le test ANOVA en utilisant le logiciel R, une différence significative concernant les caractéristiques physico-chimiques.

On peut donc conclure que les différents laits qui sont commercialisés dans notre wilaya sont des produits de qualité non satisfaisante et surtout le lait pasteurisé et en poudre.

Cette étude préliminaire a montré des résultats intéressants concernant les effets des traitements technologiques sur la qualité des laits, donc il est impératif de passer par toutes ces démarches analytiques avant sa mise en consommation.

En perspective, pour améliorer l'étude de ces effets et développer des méthodes de détection des traitements technologiques par spectrophotométrie infrarouge.

- Aboutayeb. R, (2001).** Technologie du lait et dérivés du lait. Composition physico-chimie et microbiologie du lait, <http://www.azaquar.com>.
- Alais et Linden, (1987).** Abrégé de biochimie alimentaire. Editions Maisson, Paris. Lavoisier.
- Alais. C, (1984).** Science du lait, principes des techniques laitières. 3<sup>ème</sup> édition. Ed publicité France. PP 431-432.
- Alais. C, Linden. G, Miclo. L, (2008).** Biochimie alimentaire. Dunod 6<sup>ème</sup> édition, Paris, pp : 86-88.
- Alais.C, (1975).** Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.
- Amiot. J, (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique. International dairy journal.
- Amiot. J, Fournier. S, Lebeuf. Y, Paquin. P, Simpson. R et Turgeon. H, (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique du lait in science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Montréal. 600 p.
- Araba. A, (2006).** L'alimentation de la vache laitière pour une meilleure qualité du lait. Comment augmenter les taux butyreux et protéique du lait. Bulletin mensuel d'information et de la liaison du PNTTA n°142 vache laitière. Transfert de technologie en agriculture. Ministère de l'agriculture, du développement Rural et des pêches maritimes. Maroc1-4, 29 p.
- Berg. H. E, Van Boekel. M. A, (1994).** Degradation of lactose during heating of milk. Reaction Pathways. Netherlands Milk Dairy Journal 48, 157-175.
- Beroza. M, Bowman. MC, (1996).** Correlation of pesticides polarities with efficiency of milk extraction procedures. J. assos, of agric. Chem. p.p: 7-12.
- Birlouez-Aragon, I. M, Morales. F, Fogliano. V, Pain. J. P, (2010).** The health and technological implications of a better control of neofomed contaminants by the food industry. Pathologie Biologie 58, 232-238.
- Boujenane. M, (2003).** Evaluation génétique des laitiers des races Holstein et Montbéliarde de la société Agropius. Mem. Agro. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan 2 Raba, 73p.
- Brumini. D, Criscione. A, Bordonaroi. S, Vegarud. G. E et Marletta. D, (2016).** Whey proteins and their antimicrobial properties in donkey milk. Dairy Science&Technology, 96, 1-14.
- Carole L.Vignola, éditrice scientifique, (2002).** Science et technologie du lait, transformation du lait, presses internationales, polytechniques, p.4-15-24-26-28-29-89.
- Chethouna. F, (2011).** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse de Magister en Sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Coulon. JB, Chilliard. Y, Rémond. B, (1991).** Effet de stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. INRA. Prod. Anim, 4(3), 219-228.

**Courtet Leymariosf, (2010).** Qualité nutritionnelle du lait de vache et des ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse pour le doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort Paris, France.

**Daniele. G, Pasqualone. A, Di Miceli. G, Summo. C. (2011).** Vitamin B12 retention in pasteurized or thermized milk as affected by the heat treatments method and the presence of isotonic agents. Dairy science & technology, 91(2), 223-235.

**Dannenberg. F, Kessler. H.G, (1988).** Reaction kinetics of the denaturation of whey proteins in milk. Journal of food Sciences 53, 258-263.

**Debouz. A, Guerguer. L, Hamid Oudjana. A, and Hadj Seyd A. E. K, (2014).** Etude comparative de la qualité physicochimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. Revue El Wahat pour les recherches et les études, 7(2), P : 10.

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

**Essalhi. M, (2002).** Relations entre les systèmes de production bovines et les caractéristiques du lait. Mémoire d'ingénieur. Université institut Agronomiques et vétérinaire Hassan II. Rabat, 104 p.

**Farah. Z, (1993).** Composition and characteristics of camel milk. Journal of Dairy Research, 60(4), 603-626.

**Feng. P, Ouyang. J, Ma. H, Yao. Z, Yang. W, (2018).** Effect of three different drying methods on the physicochemical properties, amino acid composition and antioxidant activity of camel milk powder. Food Chemistry, 240, 824-830.

**Fery-Lemonnier. E, Jardin. J, Maubois. J. L, (2013).** Effect of thermization on mineral contents in cow's milk. Int. Dairy J. 29, 14-22.

**Gagnaire. V, Leconte. N, Jardin. J, Montem. MC, (2001).** Influence of high-pressure treatment on the proteolysis and lipolysis of raw goat's milk cheese. Journal of Dairy Sci, 84(11), 2431-8.

**Gaucheron. F, (2004).** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier : 7-83 (922 pages).

**Gautier J a, (1961).** Fiches techniques d'analyse bromatologique. Paris, société d'édition d'enseignement supérieur, 1961 (viii), P : 395.

**GEM-RCN, (2009).** Laits et produits laitiers : groupes d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition, France.

**Georges. B, Vincent. M, Jean-Claude. G, (2009).** Laits et produits laitiers, groupes d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition. Ministère française de l'économie, de l'industrie et de l'emploi. Juillet 2009. Comité exécutif de l'OEAP.

**Ghaoues. S, (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est de l'Algérie. Mémoire de Magister. Université MENTOURI, Constantine, Algérie.

- Ghazalibarfruei. S, Gomez-Cortés. P & Juàrez. M, (2019).** Changes in fatty acid composition and cheese-making properties of milk powder subjected to commercial spray drying methods. *International Dairy Journal*, 91, 1-8.
- Gosta, B, (1995).** Lait long conservation. In manuel de transformation du lait. Edition: Tetra Packs Processing Systems A-B, Sweden, 442 p.
- Graet. Y, Brulé. G, (1982).** Effet de la concentration par évaporation et du séchage sur les équilibres minéraux dans les laits et les rétentats. *Le lait* 62, 113-125.
- Greppi. G/ F, Batteli. G, Barbieri. E, (2015).** Vitamin C loss during thermal processing of fresh cow's milk. *Dairy Science & Technology*, 95(4), 527-537.
- Guiraud. J. P, (1998).** Microbiologie alimentaire. Editions dunod, Paris.
- Guiraud. JP, (2003).** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris, pp : 136-139.
- Haug. A, Hostmark. A. T et Harstadi. O. M, (2007).** Bovine milk in human nutrition. *Lipids in Health and Disease*, 2, 1-16.
- Hermier. J, Cerf. O, (1987).** La stabilité du lait à la chaleur. In CEPIL. Le lait matière première de l'instrument, p.309, 314. Paris. INRA.
- Hoden. A, Coulon. J. B, (1991).** Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *Productions animales*, 4(5), 361-367.
- <https://www.ecoledesmetiers.fr/sites/default/files/ressources/fichiers/2019-07/lait.pdf> .
- ÉCOLE DES MÉTIERS. DIJON MÉTROPOLE.**
- Huppertz. T, (2012).** Interactions of milk proteins with minerals and their impact on mineral bioavailability. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2367-74.
- Hussain. I, Arjum. F. M; Khan. M. I, Suleria. H. A. R, (2020).** Milk processing: insights into pasteurization and alternative approaches. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(5), 754-767.
- Jacquet. J, (1969).** Les antibiotiques dans le lait et les produits laitiers. *Econ, méd, anim*, 10-13-17.
- Jaques Mathieu, (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Lavoisier Tec et Doc, Paris, p.16-18-24-26.
- Jean. C, Dijon. C, (1993).** Au fil du lait. ISBN2-86621-p 172-3.
- Jean. P, Roger. C, (1961).** Le lait. Paris : INRA.
- Jeantet. R, Coll. T, (2008).** Les produits laitiers. Editions Lavoisier, Paris.
- Jeantet. R, Croguennee. T, Mahaut. M, Schuck. P, Brule. G, (2008).** Les produits laitiers, 2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier : 17-185 p.
- Jouzier. X, Cohen. M, Mourel. E, (1975).** Manuel de référence pour la qualité du lait. Paris : Institut délevage, 199 p.

- Kabir. A, (2014).** Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constat et perspective). Thèse de doctorat, Université d'Oran, 195 p.
- Kriou. H, et Kasria. O, (2015).** Influence de la température de stockage sur la qualité du lait de vache (lait entier, partiellement écrémé et écrémé) pasteurisé conditionné et le lait reconstitué conditionné. Mémoire de Master. Université Djilali bounaama, khemis Miliana, Algérie.
- Lamontagne. M, Claude. PC, Joelle. RA, Sylvania. M, Nancy Marys. L, Julie. J, Ismael. F, (2002).** Microbiologie du lait. In Vignola. C. L. Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Montréal, 600 p.
- Leseur. R, Melik. N, (1999).** Lait de consommation In luquee f. m, laits et produits laitiers
- Liao. X, Xue. S, Nie. S & Xiong. S, (2019).** Effect of drying methods on the maillard reaction products and antioxydant activities of protei hydrolysates from fermented milk. Journal of Food Science and Technology, 56(6), 3044-3052.
- Lubin. D, (1998).** Lait de consommation. In « le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine ». Collection FAO (Food Agricultures Organisation).
- Michel Mahaut, RomainJeantet, Gérard Brulé, Pierre Schuck, (2005).** Les produits industriels laitiers, Edition Tec et Doc, p.7.
- Michel. J-C, Pouliot, M, Richard. J, (2002).** Science et technologie du lait. Edition : Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- Mitchell. M, (2005).** Détection des résidus antibiotiques dans le lait de chèvre. Laboratoire des résidus médicamenteux/division des services de laboratoire/université de Guelph, Brenda Norris-programme de salubrité des produits laitiers/MAAARO.
- Morgan. F, Léonil.J, Mollé. D, Bouhallab. S, (1997).** Nonenzymatic lactosylation of bovine-lactoglobulin under mild heat treatments of glycoforms. Biochemical and Biophysical Research Communications 236, 413-417.
- Ozdemir. E, Nur Sahin. N, Torun. A, (2018).** Effect of thermal processing on the vitamins and minerals of cow milk. Food Sci. Nutr. 6, 1821-1826.
- Pérez-Bustamante. R, Ceballos-Magana. S. G, Juàrez-Ramirez.C, Ortiz-Sanchez. A, & Vernon-Carter. E. J, (2018).** Effects of thermization on physicochemical, sensory, and volatile profiles of bovine milk. Journal of dairy science, 101(2), 913-924.
- Pezeshki. A, Ghiasi-Esfahani. H, & Hosseini. H, (2015).** Effect of High-Temperatue Short-Time (HTST) pasteurization on physicochemical properties and fatty acid profile of camel milk. Journal of Food Science and Technology, 52(1), 297-304.
- Pougheon. S et Goursaud. J, (2001).** Le lait caractéristiques physicochimiques In Debryg, lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris.
- Renner. E, (1989).** Micronutriments in milk and milk-based food products. London, Elsevier Applied Science. 311 pages.

- Sanjogta Thapa Magar, (march 28, 2022).** Preservation of milk and milk products from microbiol spoilage. Edited by: **Sagar arya L.**
- Sarni-Manchado. P, Pochet. S, Lapointe. J, (1998).** Effects of high-temperature short-time treatment on physicochemical and functional properties of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 81, 1265-1273.
- Schmidt, D. G, (1982).** Association of caseins and casein micelle structure. In *Developements of Dairy Chemistry-1. Proteins.* Applied Science Publishers, London and New York.
- Schmidt. R. H, Hubbart. J. A, Chizhikov. V. E, & Chumachenko. Y. V, (2012).** Growth of mesophilic sporeforming bacteria in concentrated milk products. *Journal of Dairy Science,* 95(4), 1705-1714.
- Schuck. P, Piot. M, Méjean. S, Fauquant. J, Brulé. J, Maubois. J. L, (1994).** Déshydratation des laits enrichis en caséines micellaires par microfiltration, comparaison des propriétés des poudres obtenues avec celles d'une poudre de lait ultra-propre. *Le lait* 74, 47-63.
- Siboukeur. O, (2007).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat Sciences Agronomiques. Université INA EL Harrach-Alger.
- Stoll. W, (2003).** Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait. *RAP agri.* N°15/2003, vol.9, Suisse.
- Thieulin et Vuillaume, (1967).** *Eléments pratiques d'analyse et d'inspection de lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières* 48 avenue. Président Vilson, Paris : 71-73. 388 p.
- Vache, brebis, chèvre, éditions Lavoisier, Paris.
- Valencia-Rivera. D. E, del Castillo-Salazar. J. A, Castillo-Zamudio. R. I, (2019).** Volatility of flavour compounds in spray dried whole milk. *International Journal of Dairy Technology,* 72(3), 371-375.
- Vanier. P, (2005).** *Le lait au fil du temps, usages culinaires conservation, Ecologie et environnement.* Editions presses internationales polytechniques, Canada.
- Veisseyre. R, (1979).** *Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait.* 3<sup>ème</sup> édition. Edition la maison rustique, Paris.
- Vierling, E, (2003).** *Aliment et boisson-Filière et produit,* 2<sup>ème</sup> édition, dion éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. 270 p.
- Vierling. E, (1998).** *Aliments et boissons : Technologies et aspects réglementaires.* Editions doin, France.
- Vignola. C. L, (2002).** *Science et technologie du lait, transformation du lait.* Ecole polytechnique de Montréal ISBN: 29-34 (600pages).
- Wattiaux, (1996).** Milk secretion in the udder of a dairy cow. *Diary essentials,* p.77.

## Annexe 1 : Détermination de la teneur en protéines totales, protéines sériques et caséine par la méthode de Lowry et al (1951)

### 1. Préparation des solutions

#### • Solution A

Carbonate de sodium anhydre (NaCO<sub>3</sub>) .....2g

Hydroxyde de sodium 0,1M).....4g

Eau distillée ..... 100ml

#### • Solution B

Sulfate de cuivre .....2ml

Tartrate de sodium et de potassium.....2 ml

#### • Solution C

Solution A..... 150 ml

Solution B..... 3 ml

• **Solution mère de la BSA**.....0,1g/L

### 2. Gamme étalon

Le tableau suivant de décrivent la préparation des dilutions à partir de la solution mère de la BSA (0.1g/L).

Concentration BSA (µl/ml)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Solution de la BSA (µl/ml)	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Eau distillée (µl/ml)	1000	950	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0

### 3. Méthode

A 0,5 ml de la solution d'échantillons contenant entre 25 et 100 microgrammes des protéines :

- Ajouter 2,5 ml de la solution C et mélanger ;
- laisser 5 à 10 minutes a température ambiante ;
- Ajouter 0,25 ml de réactif Folin-Ciocalteu ;
- Homogénéiser rapidement et mettre les tubes 30 minutes à l'obscurité ;
- Après 30 minutes, homogénéiser les solutions rapidement et lire la DO à 750 nm.

### 4. Expression des résultats

Une courbe d'étalon est tracée, cette dernière montre la concentration de BSA des dilutions précédentes sur axes des abscisses et les quantités de DO mesurés sur les axes des ordres pour chaque dilution.

## Annexe 2 : Électrophorèse en conditions non dénaturantes et non dissociantes (PAGE-native)

### 1. Solution

#### • Solution acrylamide (A)

- Acrylamide .....	36g
- Bisacrylamide .....	1g
- Eau distillée.....	100 ml

#### • Tampon de gel (B)

- Tris.....	0,3g
- Eau distillée.....	500 ml

Ajuster à pH 8,9 avec HCL 4N

#### • Tampon d'électrode

- Tris.....	0.3g
- Glycine.....	1,45g
- Eau distillée.....	500ml

Ajuster à pH 8,3 avec Tris

---

**• Tampon d'échantillons**

- Tampon de gel (B).....500µl
- Eau distillée.....3500µl
- Glycérol 50%.....1000µl
- Bleu bromophénol

Mélanger 200 µl de lactosérum avec 100 µl de ce tampon

**2. Électrophorèse**
**• Préparation de gel (T=12% et C= 2,7%)**

- Solution (A)..... 3,5 ml
- Solution (B)..... 5ml
- Eau distillée ..... 1,68ml
- TEMED..... 10µl
- PSA..... 75µl
- Couler et mettre le peigne immédiatement

**Dépôt d'échantillons :** 10 à 15 µl ;

**Mise sous tension :** 20 mA, 250 V ;

**Fixation :** 45 minutes dans la solution de fixation ;

**Coloration :** 2h dans solution de coloration ;

**Décoloration :** dans la solution de décoloration.

**• Solution de fixation**

- Acide trichloracétique (TCA)..... 12g
- Eau distillée ..... 100ml

**• Solution de coloration**

- Bleu de Coomassie R250 ..... 0,2g
- TCA..... 4g
- Méthanol..... 100ml
- Eau distillée ..... 100ml

• **Solution de décoloration**

- Acide acétique.....37,5ml
- Eau distillée .....312,5ml
- Méthanol.....150 ml

**Annexe 03 : Appareillage**



**Figure 01 : Lactoscan**



**Figure 02 : pH- mètre**



**Figure 03 : Centrifugeuse**



**Figure 04 : Spectrophotomètre UV-visible**



**Figure 05 : Cuve d'électrophorèse (HOEFER SE260)**

## Résumé

Notre étude a pour objectif d'évaluer l'effet des différents traitements thermiques sur la qualité du lait particulièrement les protéines sériques.

La première partie expérimentale portée sur l'étude de la qualité physico-chimique de quatre types du lait pasteurisé, stérilisé, en poudre et lait de vache à l'aide d'un lactoscan au niveau de Laboratoire autocontrôle de la fromagerie «Family Cheese» dans la région TIMIZART. Parmi ces paramètres physico-chimiques analysés : pH, point de congélation, la densité, teneur en protéines, en lactose, en MG.

En deuxième partie expérimentale portée sur la détermination de la teneur en protéines totales, sériques et caséines par la méthode de Lowry et al (1951), ensuite un contrôle électrophorétique a été effectué dans des conditions natives (PAGE – native) à fin d'évaluer l'effet des traitements technologiques sur la qualité et les quantités des protéines sériques des échantillons du lait analysé. Ces deux analyses ont été effectuées au niveau de Laboratoire pédagogique de Biochimie au niveau de département Biochimie-Microbiologie de la faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Au terme de cette étude on peut conclure que les traitements technologiques ont des effets sur la qualité physico-chimique des laits étudiés : lait pasteurisé, stérilisé et atomisé particulièrement sur les protéines sériques.

**Mots clés :** lait pasteurisé, stérilisé, lait en poudre, la qualité physico-chimique, méthode de Lowry, les traitements technologiques, PAGE-native.

## Abstract

Our study aims to evaluate the effect of different heat treatments on the quality of milk, particularly serum proteins.

The first experimental part focused on the study of the physico-chemical quality of four types of pasteurized, sterilized, and powdered and cow's milk using a lactoscan at the self-monitoring laboratory of the "Family Cheese" cheese factory. In the TIMIZART region. Among these physicochemical parameters analyzed: pH, freezing point, density, protein content, lactose, MG.

In the second experimental part focused on the determination of the content of total, serum and casein proteins by the method of Lowry et al (1951), then an electrophoretic control was carried out under native conditions (PAGE – native) in order to evaluate the effect of technological treatments on the quality and quantities of serum proteins in the milk samples analyzed. These two analyzes were carried out at the level of the Biochemistry Educational Laboratory at the level of the Biochemistry-Microbiology department of the Faculty of Agricultural Sciences and Biological Sciences at the Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou.

At the end of this study we can conclude that technological treatments have effects on the physicochemical quality of the milks studied: pasteurized, sterilized and atomized milk, particularly on serum proteins.

**Key words:** pasteurized, sterilized milk, powdered milk, physicochemical quality, technological treatments, PAGE-native.