

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis de
Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

AMAR Narimene

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Production et transformation laitières

THÈME

**Evaluation des caractères physico-chimiques
et microbiologiques du lait reconstitué
pasteurisé fabriqué au niveau des laiteries
de la wilaya de Mostaganem**

Soutenu publiquement le 31/10/2021

Devant les membres du jury

Président	DAHOU Abdelkader El Amine	Maître de Conférences B	U. Mostaganem
Examineur	MEGHOUFEL Naima Leila	Maître assistante B	U. Mostaganem
Encadreur	BENAMEUR Qada	Maître de Conférences A	U. Mostaganem
Co-Encadreur	RECHIDI-SIDHOUM Nadra	Maître de Conférences A	U. Mostaganem

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Productions Animales

Année universitaire : 2020-2021

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciements.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des abréviations, des sigles et des acronymes	V
Résumé en français.....	VI
Résumé en anglais.....	VII
Résumé en arabe.....	VIII

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

<i>Introduction</i>	01
---------------------------	----

Chapitre I. Généralité sur le lait

1. Définition du lait.....	03
2. Composition du lait.....	04
2.1 Eau.....	05
2.2 Matière grasse	05
2.3 Protéine	06
2.4 Matières azotées non protéiques.....	09
2.5 Glucides	09
2.6 Eléments minéraux	09
2.7 Enzymes	10
2.8 Vitamines	11
3. Facteurs influençant la composition du lait..... ;;	12
3.1 Variabilité génétique entre individus..... ;;	13
3.2 Stade de lactation..... ;;	13
3.3 Age ou numéro de lactation..... ;;	13
3.4 Facteurs alimentaires.....	14
3.5 Facteurs climatiques et saisonniers.....	14
4. Rôles technologique	14
5. Qualité du lait.....	14
5.1 Qualité technologique.....;;;	14
5.2 Qualité sanitaire..... ;;	15

5.2.1	Danger physique..... ;	15
5.2.2	Danger biologique.....	15
5.2.3	Danger chimique.....	15
5.3	Qualité organoleptique du lait.....	16
5.3.1	Couleur	16
5.3.2	Odeur	16
5.3.3	Saveur	16
5.3.4	Viscosité	17

Chapitre II. Les caractéristiques physicochimiques du lait

1.	Composition physicochimique du lait.....	18
2.	Composants chimiques indésirables du lait	19
2.1	Antibiotiques.....	19
2.2	Pesticides.....	20
2.3	Métaux	20
3.	Caractéristiques physicochimiques du lait.....	20
3.1.	La masse volumique.....	20
3.2	La densité	21
3.3	Point de congélation.....	21
3.4	Point d'ébullition.....	21
3.5	Acidité	21
3.6	pH du lait.....	22
4.	Modifications physicochimiques du lait	22
5.	Analyses physicochimiques	22
5.1	Détermination de la matière grasse.....	22
5.2	Détermination de l'acidité titrable	23
5.3	Détermination de la densité	23
5.4	Détermination du pH.....	23

Chapitre III. Qualité microbiologique du lait

1.	Caractéristiques microbiologiques du lait	25
1.1	Flore originelle	25
1.1.1	Bactéries lactiques	26
1.1.1.1	Intérêt des bactéries lactiques.....	26
1.2	Flore de contamination.....	28
1.2.1	Contaminations du lait cru au stade de la production.....	29

1.2.2	Contamination par l'animal.....	29
1.2.3	Contamination ou cours de la traite.....	30
1.2.4	Contamination au cours du transport	30
2.	Contrôle de la qualité microbiologique du lait	30
2.1	Flore d'altération	31
2.1.1	Bactéries coliformes	31
2.1.2	Levures et moisissures	31
2.1.3	Streptocoques fécaux	32
2.2	Flores pathogènes	32
2.2.1	Staphylococcus.....	33
2.2.2	Salmonelles	35
2.2.3	Coliformes totaux	36
2.2.4	<i>Listeria monocytogenes</i>	36
2.2.5	Virus	37

PARTIE EXPERIMENTALE

<i>Matériel et méthodes</i>	39	
1.	Objectif de l'étude	39
2.	Lieu de l'étude	39
2.1	Laiterie Belharmi Lhadj	39
2.2	Laiterie Vallé des jardins.....	40
3.	Prélèvements.....	41
4.	Méthodes d'analyse	41
4.1	Analyses physicochimique	41
4.1.1	Densité	42
4.1.2	Acidité titrable	42
4.1.3	Taux de matière grasse	43
4.1.4	pH	43
4.2	Analyses microbiologique	44
4.2.1	Recherche de la Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM)	44
4.2.2	Recherche des entérobactéries.....	45
4.2.2.1.	Entérobactéries autres que <i>Salmonella</i>	45
4.2.2.2	Recherche de salmonelles.....	45

Résultats et discussion	47
1 Analyses physicochimiques de lait reconstitué pasteurisé	47
1.1 pH	47
1.2 Acidité	48
1.3 Densité	48
1.4 Extrait sec total	49
2 Les analyses microbiologiques de lait reconstitué pasteurisé	49
Conclusion & Recommandations	52
Références bibliographiques	54

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous les personnes qui me sont chères :

Mes très chers parents :

Mon père adoré et ma mère chérie qui ont toujours été à mes côtés et crus en moi sans oublier leurs sacrifices et leur soutien pour travailler avec plus de courage et persévérance et à qui j'approuve un profond respect.

Ma cher grande mère : Kheira qu'Allah la guérisse et la préserve.

Mes chers frères : Mohamed et Miloud.

Mes chères sœurs : Manel et Ikram .

Mes adorable neveux : Younes, Mounir et Lilia .

Mes copines : Ghizlen, Soror, Chaimaa, Amina, Nedjla, Ouafaa, Houda, Yasmine et Kaouter.

*Tous mes collègues de la promotion Master 2 production et transformation laitière 2020-2021 et mes professeurs de tout mon parcours scolaire et universitaire
Et a Tous ceux qui ont contribué pour que ce projet soit possible.*

Remerciements

Avant toute chose, je remercie « Allah » qui m'a donné la patience, le courage et la Volonté de mener à terme ce modeste travail. Paix et salut sur notre premier éducateur le prophète « محمد صلى الله عليه و سلم » Pour ce qu'il a donné à l'humanité. Je tiens aussi à présenter mes sincères remerciements à mes professeurs pour leur Aide et leurs conseils. Mes chers parents qui ont été toujours là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique Monde de labeur et de persévérance que dieu les protège. Mes remerciements s'adressent également à : Mr. BENAMEUR Qada pour avoir accepté d'encadrer Ce travail et d'avoir dirigé cette étude ; Par ses Conseils, ses encouragements, ses connaissances et sa patience tout au long de mon Travail,

Mes sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury et Examineurs d'avoir fait l'honneur d'évaluer mon modeste travail.

Finalement, je remercie tous ceux ou celles qui ont contribués de près ou de loin à L'accomplissement de ce mémoire de fin d'étude.

LISTE DES TABLEAUX

N ^o	Titres	Page
1	Etat physicochimique du lait de vache.	04
2	Composition générale du lait de vache.	04
3	Composition lipidique du lait.	06
4	Composition moyenne et distribution des protéines du lait de vache.	08
5	Composition minérale du lait de vache.	10
6	Caractéristiques des principaux enzymes du lait.	11
7	Teneur moyenne des principales vitamines du lait.	12
8	Composition moyenne du lait entier.	18
9	Composition moyenne du lait de différentes espèces d'animaux.	19
10	Constantes physiques usuelles du lait vache.	20
11	Acidité naturel de différents constituants du lait.	22
12	Valeurs du pH et de l'acidité du lait.	24
13	Flore originelle du lait cru.	26
14	Flore microbienne du lait.	29
15	Principaux caractères des Staphylocoques.	35
16	Quelques propriétés des microorganismes de lait cru.	38
17	Résultats des analyses des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj.	47
18	Resultats des analyses des prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins.	47
19	Resultats des analyses microbiologiques effectuées sur des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj.	49
20	Resultats des analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins.	50

LISTE DES FIGURES

N ^o	Titres	Page
1	Schéma du pis de la vache et de ses quartiers.	03
2	Structure polaire de l'eau.	05
3	Composition de la matière grasse du lait.	06
4	Représentation schématique de la structure des protéines.	07
5	Structure d'une sub-micelle caséique.	07
6	Hydrolyse du lactose.	09
7	Les bactéries lactiques.	27
8	Quelques espèces de moisissures.	31
9	Morphologie de streptocoques fécaux observés sous microscope électronique à transmission.	32
10	Quelques bactéries pathogènes.	33
11	Morphologie de <i>Staphylococcus aureus</i> observée sous microscope électronique à balayage.	33
12	Morphologie de <i>Salmonella</i> observée sous microscope électronique à transmission.	36
13	Morphologie de <i>Listeria monocytogenes</i> observée sous microscope électronique à transmission.	37
14	Représentation schématique de l'infection d'une cellule bactérienne par un bactériophage.	38
15	Emballage du lait fabriqué au niveau de la laiterie Belharmi Lhadj.	40
16	Conditionnement du lait fabriqué au niveau de la laiterie Belharmi Lhadj.	40
17	Emballage du lait fabriqué au niveau de la laiterie Vallée des jardins.	40
18	Mesure de la densité du lait à l'aide d'un densitomètre	42
19	Balance	43
12	Bain marie	43
21	Dessiccateur	43
22	Mesure du pH du lait à l'aide d'un pH-mètre	44

LISTE DES ABREVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ADN : Acide désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de normalisation.

AG : Acide gras.

ANP : Matière azoté non protéique.

ARN : Acide ribonucléique.

AW : Activité d'eau.

BL : Bactérie lactique.

°C : Degré Celsius.

°D : Degré Doronic.

EST : Extrait sec total.

FTAM : Flore Aérobie Mésophile Totale.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

INMV : L'institut National de la Médecine Vétérinaire

MG : Matière grasse.

MO : Microorganisme.

MP : Matière protéique.

Na CL : Chlorure de sodium.

NaOh : Hydroxyde de sodium.

pH : Potentiel d'hydrogène.

PCA : Plate count agar.

S. Aureus : *Staphylococcus aureus*.

TB : Taux butyreux.

TP : Taux protéique.

UFC : Unité formant de colonie.

Résumé

En industrie laitière, le lait reconstitué pasteurisé doit répondre aux normes et aux exigences sanitaires hautement satisfaisantes justifiant leur bonne qualité de point de vue nutritionnelle, organoleptique et hygiénique. L'objectif de ce travail était d'évaluer la qualité physicochimique et microbiologique du lait reconstitué pasteurisé fabriqué au niveau de deux laiteries de la wilaya de Mostaganem.

Une série d'analyses physico-chimiques (la densité, l'acidité, le pH et le taux de matière sèche) et microbiologiques (recherche des germes aérobies mésophiles totaux à 30°C et des entérobactéries) a été réalisée au laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem sur les échantillons du lait reconstitué pasteurisé.

Les analyses physicochimiques effectuées ont démontré que tous les échantillons analysés ont présenté une qualité physicochimique acceptable en ce qui concerne la densité et l'extrait sec total; par contre, presque tous les prélèvements analysés ont montré des valeurs de pH inférieurs à 6,5 et une acidité supérieure ou égale à 18°D. Les résultats des analyses microbiologiques ont permis de mettre en évidence l'absence totale des entérobactéries y compris les entérobactéries pathogènes tels que les salmonelles ; par contre, ils ont montré la présence des germes aérobies mésophiles totaux à 30°C dans tous les échantillons testés avec un faible dénombrement qui varie entre 1100 et 1800 UFC/ml.

En conclusion, le lait reconstitué pasteurisé doit être analysé systématiquement avant sa mise à la commercialisation afin de garantir au consommateur un produit sain et d'une qualité satisfaisante.

Mots clés : Lait reconstitué pasteurisé, Mostaganem, qualité microbiologique, qualité physicochimique.

Abstract

In the dairy industry, reconstituted milk must meet highly satisfactory standards and health requirements justifying its good quality from a nutritional, organoleptic and hygienic point of view. The objective of this work was to assess the physicochemical and microbiological qualities of the reconstituted milk produced at two dairies in Mostaganem province.

A set of physicochemical (density, acidity, pH and dry matter content) and microbiological analyzes (search for total mesophilic aerobic germs at 30 °C and for enterobacteriaceae, including salmonella) was carried out at the regional veterinary laboratory of Mostaganem on samples of reconstituted milk.

The results of this study demonstrated the total absence of enterobacteriaceae including pathogenic bacteria such as *Salmonella*. However, they showed the presence of total mesophilic aerobic bacteria at 30 ° C in all the samples tested with a low count which varies between 1100 and 1800 CFU/ml. The physicochemical analyzes demonstrated that all the samples analyzed presented an acceptable physicochemical quality with regard to density and total dry extract. However, almost all the samples analyzed showed pH values less than 6.5 and an acidity greater than or equal to 18 °D.

In conclusion, reconstituted milk must be systematically analyzed before its commercialization in order to ensure to the consumer a healthy product of a satisfactory quality.

Keywords: Reconstituted milk, Mostaganem, microbiological quality, physicochemical quality.

ملخص

في ميدان صناعة الألبان ، يجب أن يفي الحليب المبستر المعاد تكوينه بالمعايير والمتطلبات الصحية المرضية للغاية التي تبرز جودته الجيدة من وجهة نظر غذائية ،حسية وصحية. كان الهدف من هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للحليب المبستر المعاد تكوينه المنتج في ملبنتين في ولاية مستغانم

تم إجراء سلسلة من التحليلات الفيزيوكيميائية (الكثافة ،الحموضة ،درجة الحموضة ومحتوى المادة الجافة) والميكروبيولوجية (البحث عن مجموع الجراثيم الهوائية متوسطة الحرارة عند 30 درجة مئوية والجراثيم المعوية) في المخبر البيطري الإقليمي في مستغانم على عينات من الحليب المبستر المعاد تكوينه

أظهرت التحليلات الفيزيوكيميائية التي تم إجراؤها أن جميع العينات التي تم تحليلها قدمت جودة فيزيوكيميائية مقبولة فيما يتعلق بالكثافة وإجمالي المستخلص الجاف ؛ من ناحية أخرى ، أظهرت جميع العينات التي تم تحليلها تقريباً قيم حموضة عالية كما أظهرت نتائج التحليلات الميكروبيولوجية الغياب التام للبكتيريا المعوية ، بما في ذلك البكتيريا المعوية المسببة للأمراض مثل السالمونيلا. من ناحية أخرى ، أظهر وجود جراثيم هوائية متوسطة الحرارة بعدد منخفض في جميع العينات المختبرة

في الختام ، يجب تحليل الحليب المبستر المعاد تكوينه بشكل دوري قبل تسويقه من أجل ضمان المستهلك منتجاً صحياً بجودة مرضية

الكلمات المفتاحية: الحليب المبستر المعاد تكوينه ، مستغانم ، الجودة الميكروبيولوجية ، الجودة الفيزيوكيميائية

Introduction

Introduction

Le lait est le premier aliment de l'homme. Il est le seul à pouvoir revendiquer en tout temps et tous lieux le statut d'aliment universel, au moins pour la première partie de la vie de l'être humain. Il est un aliment complet qui garantit un apport non négligeable en protéines, en lipides et en sels minéraux notamment en calcium, en phosphore et en vitamines (**Cheftel, 1996**). La production mondiale du lait de vache a enregistré une forte augmentation en 2011 (estimée à 2,4%), grâce à la bonne rentabilité des activités et à l'excellente qualité des fourrages et des pâturages dans beaucoup de grands pays producteurs (**FAO, 2012**).

L'Algérie est le plus important consommateur de lait dans le Maghreb. Les besoins en lait pour la consommation en Algérie, sont estimés à 3,2 milliards de litres annuellement alors que la couverture assurée actuellement par la production nationale ne dépasse pas les 2,3 milliards de litre, le reste des besoins est couvert par l'importation de poudre de lait (lait sec, lait infantile, farine lactée, ...etc) et de matière grasse de lait anhydre (MGLA) servant au processus de recombinaisons au niveau des unités de transformation des laits et des produits laitiers (**Kebir, 2015**). La filière consacre annuellement plus de 600 millions de dollars pour l'importation de poudre de lait à recombinaison (**Bencharif et al. 1996**). En Algérie, le produit fabriqué est, en majeure partie, un lait reconstitué en usine. Il peut être entier (28g/L de matière grasse), partiellement écrémé (15 à 20g/L de matière grasse) ou écrémé (0g/L de matière grasse). Ce lait est ensuite conditionné en sachet polypropylène, en bouteille et en tétra-pack (**Kaci et Sassi, 2007**). Microbiologiquement, le lait est un substrat instable, car il constitue un milieu de culture favorable à la prolifération d'une flore microbienne variée. Pour assurer une bonne protection des consommateurs, il convient de maîtriser les conditions de conservation et également les conditions d'hygiène (**Guiraud, 1998**). En industrie laitière, le lait reconstitué pasteurisé doit répondre aux normes et aux exigences sanitaires hautement satisfaisantes justifiant leur bonne qualité de point de vue nutritionnelle, organoleptique, et hygiénique, comme il ne doit en aucun cas être contaminés ni de germes pathogènes ni de germes d'altérations. Le contrôle de la qualité du lait est devenue par conséquent un contrôle réglementaire (ordre déontologique) et technologique (ou technique). L'objectif de ce travail était d'évaluer la qualité physicochimique et microbiologique du lait reconstitué pasteurisé fabriqué au niveau de deux laiteries de la wilaya de Mostaganem.

La première partie du manuscrit a été consacrée à une synthèse bibliographique portant sur des généralités sur le lait et les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du lait.

Introduction

La seconde partie, expérimentale, décrit le matériel et les techniques utilisées pour l'étude de la qualité physicochimique et microbiologique du lait, ainsi qu'une présentation des résultats obtenues et une discussion.

Partie bibliographique

Chapitre I :
Généralités sur le lait

1. Définition du lait

Le lait est une sécrétion mammaire normale d'animaux de traite, obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites sans y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (FAO, 2000). Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce et d'une réaction ionique (pH) voisin de la neutralité. La fonction naturelle du lait est d'être un aliment exclusif des jeunes mammifères pendant la période critique de leur existence, après la naissance où la croissance est rapide. La grande complexité de la composition du lait répond à cette fonction (Alais, 1984; Amiot *et al.*, 2002).

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière (vache, jument, chèvre, brebis, etc.) bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (Desjeux, 1993; Boudier J.F. *et al.*, 1981). Le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et il doit présenter toutes les garanties sanitaires (Jeantet *et al.* 2008). Il peut être commercialisé à état cru mais le plus souvent après avoir subi des traitements thermiques pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

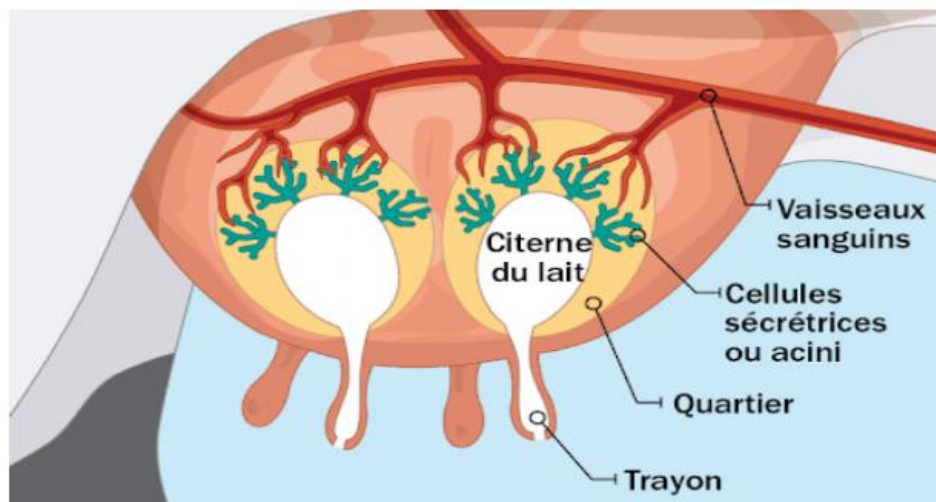


Figure 1. Schéma du pis de la vache et de ses quartiers (Charron, 1986).

2. Composition du lait

La composition du lait varie d'une espèce de mammifère à une autre car elle est adaptée aux besoins de chacune d'elle. Cependant, on retrouve des caractéristiques communes aux différents laits à savoir la richesse en calcium, la qualité protéique appréciable, le lactose comme sucre prédominant et une richesse en vitamines notamment du groupe B. Sa composition dépend également à d'autres facteurs tels que la race des vaches, la saison et le climat. Certains de ces facteurs peuvent être contrôlés et modifiés pour améliorer la rentabilité laitière d'une vache (Mathieu et al., 1998).

Tableau 1. Etat physicochimique du lait de vache (Mathieu et al., 1998).

Constituants	Dimension	Emulsion	Solution colloïdal	Suspensions colloïdal	Solution vraie
Matière grasse	10^{-5} à 10^{-6}	X			
Micelle de caséine	10^{-7} à 10^{-8}			X	
Protéines du sérum	10^{-8} à 10^{-9}		X		
Glucides	10^{-9} à 10^{-10}				X
Minéraux	10^{-9} à 10^{-10}				X

Tableau 2. Composition générale du lait de vache (Mathieu, 1998).

Constituants majeurs	Variations limites %	Valeurs moyenne %
Eau	85.5-89.5	87.5
Matière grasse	2.4-5.5	3.7
Protéines	2.9-5.0	3.2
Glucides	3.6-5.5	4.6
Minéraux	0.7-0.9	0.8

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.

2.1. Eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important. Elle représente environ 81 à 87 % (9/10) du lait. Le lait est très riche en eau : ½ litre de lait (2 grands verres) apporte 450 ml d'eau. Il participe donc à la couverture des besoins hydriques de l'organisme (**Fredot, 2005**).

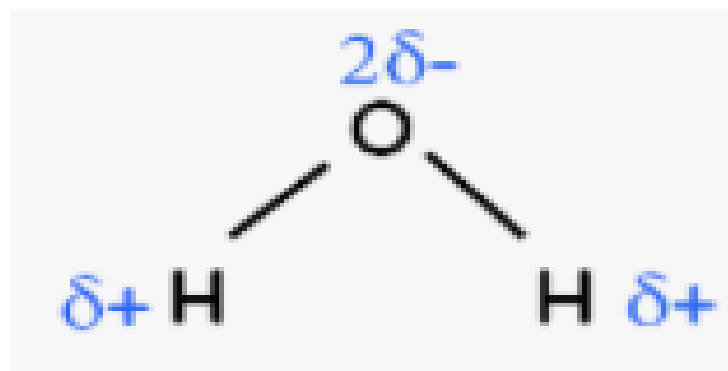


Figure 2 : Structure polaire de l'eau (**Fredot, 2005**).

2.2. Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (**Luquet, 1985**). Elle est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires, 0,5% de substances liposolubles, cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (**Goursaud, 1985**).

La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (Boutonnier, 2008).

Tableau 3 : Composition lipidique du lait (Grappin, 1999).

Constituants	Proportions de lipides du lait (%)
Triglycérides	98
Phospholipides	01
Fraction insaponifiable	01

Cet état globulaire est fragile ; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables (rancidité-oxydation), lorsqu'elle est dirigée elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (Boutonnier, 2008 ; Madji, 2009 ; Pougeon, 2001).

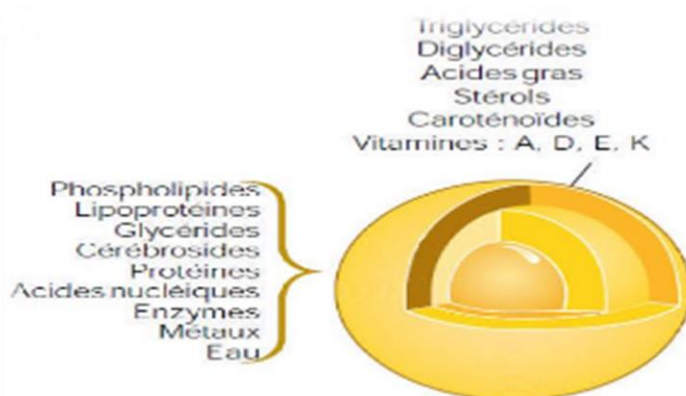


Figure 3 : Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995).

2.3. Protéines

Elles constituent avec les sels la partie la plus complexe du lait. Leur importance tient à plusieurs raisons : quatrième groupe de substances par son abondance après l'eau, le lactose et les matières grasses (Mathieu, 1998). On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait : les caséines et les protéines (Pougeon *et al.*, 2001).

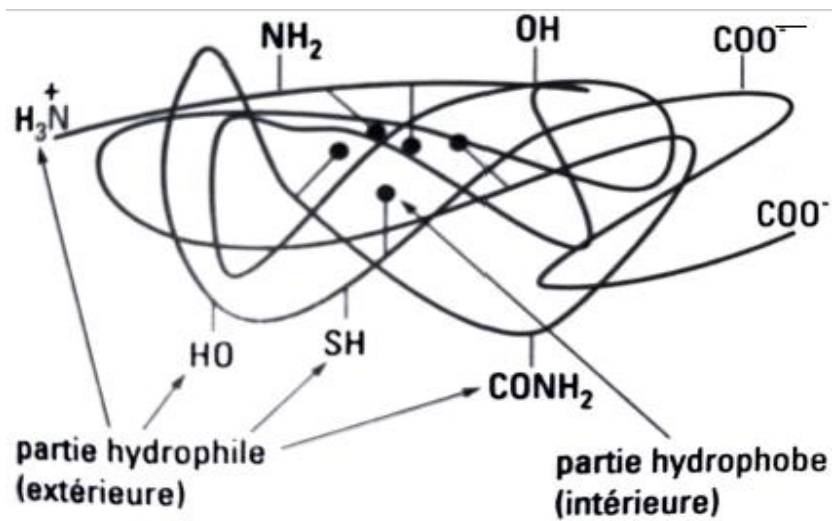


Figure 4 : Représentation schématique de la structure des protéines (Pougeon *et al.*, 2001).

Les caséines ont une teneur de 27 g/L ; elles se répartissent sous forme micellaire de phosphocaséinate de calcium et elles sont facilement dégradées par les enzymes protéolytiques.

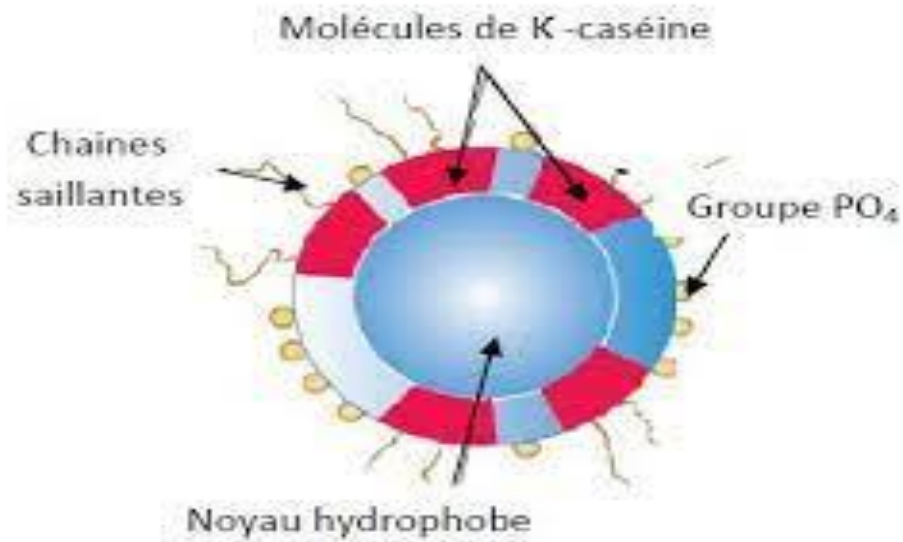


Figure 5 : Structure d'une sub-micelle caséique (Bylund, 1995).

Selon **Luquet (1985)**, les protéines solubles du lactosérum se répartissent entre :

- ✓ Les albumines : - β -lactoglobuline : 3 g
 - Lactalbumine : 1,2 g
 - Sérumalbumine : 0,4 g
- ✓ Les globulines : - Immunoglobulines : 0,7 g
 - Lacto-transferrine : 0,3 g
- ✓ Les enzymes : Lipase, protéase, phosphatase alcaline, constituants Xanthine-oxydase, lactoperoxydase.

La majeure partie des protéines du lait est naturellement synthétisée dans les cellules sécrétoires de la glande mammaire. Cependant, certaines proviennent de plasmocytes spécialisés et d'autres du sang (**Ribadeau-Dumas *et al.*, 1989**).

Tableau 4 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait de vache (**Adrian *et al.*, 1995**).

Protéines	Moyennes absolues (g/L)	Moyennes relatives (%)
Protéides totaux ou matières azotées totales	34	100
Protéines non solubles ou caséine entière	32	94
Protéines	26	82
Caséines α	12	46
Caséines β	9	35
Caséines k	35	13
Caséines g	15	6
Protéines solubles	6	18
α -lactoglobuline	2,7	45
β -lactoglobuline	15	25
Sérum-albumine	0,3	5
Globulines	0,7	12
Protéoses-peptones	0,8	13
Substances azotées ou protéiques	2	6

2.4. Matières azotées non protéiques

Elles représentent, chez la vache, 5% de l'azote total du lait. Elles sont essentiellement constituées par l'urée (33 à 79% de l'azote non protéique du lait). On trouve également et par ordre d'importance les acides aminés, l'acide urique, l'ammoniac et la créatinine. Il y a une corrélation étroite entre la teneur en urée du lait et celle du sang (**Hanzen, 1999**).

2.5. Glucides

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40 % des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviennent de l'hydrolyse du lactose. En outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8 % de lactose, tandis que la poudre de lait écrémé en contient 52% et la poudre de lactosérum, près de 70% (**Pougheon, 2001**).

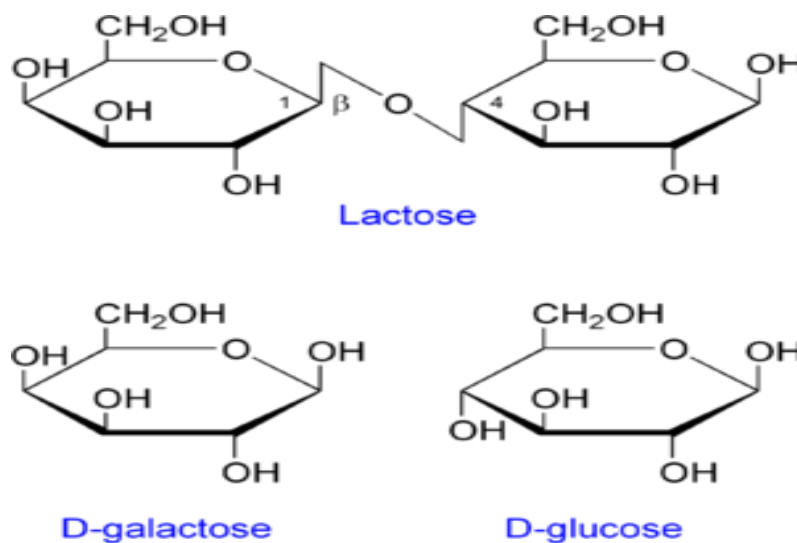


Figure 6 : Hydrolyse du lactose (Brule, 1987)

2.6. Eléments minéraux

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine. Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau 2 et de nombreux autres sont présents à l'état de traces. Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (**Amiot, 2002**).

Tableau 5 : Composition minérale du lait de vache (Jeantet *et al.*, 2007).

Eléments minéraux	Concentration (mg/kg)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2097
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

2.7. Enzymes

Elles sont 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 et bactéries) qui élaborent des enzymes. La distinction entre les éléments natifs et les éléments extérieurs n'est pas facile (Blanc, 1982).

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés.

- La lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;
- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (Blanc, 1982).

Tableau 6 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (Vignola, 2002).

Groupes d'enzymes	Classes d'enzymes	pH	Température	substrats
hydrolases	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase	9-10	37	Esters phosphoriques
	alcaline	4.0-5.2	37	Esters phosphorique
	Phosphatase acide	7.5	37	Parois cellulaires
	Lysosome	8	37	Microbienne
	Plasmine			Caséines
Déshydrogénases ou oxydases	Sulphydrile	7	37	Protéines, peptides,
	oxydase	8.3	37	Bases purique
oxygénases	Xanthine oxydase			
	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs
	catalase	7	20	H ₂ O ₂ H ₂ O ₂

2.8. Vitamines

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. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments. Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, toutefois, les teneurs sont souvent assez faibles (Jakob *et al.*, 2011).

Tableau 7 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait (**Amiot et al., 2002**).

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles :	
Vitamine A	40 µg/100 ml
Vitamine D	2,4 µg/100 ml
Vitamine E	100 µg/ 100 ml
Vitamine K	5 µg/ 100 ml
Vitamines hydrosolubles :	
Vitamine C	2 mg/100 ml
Vitamine B1	45 µg/100 ml
Vitamine B2	175 µg/100 ml
Vitamine B6	50 µg/100 ml
Vitamine B12	0,45 µg/ 100 ml
Niacine et niacinamides	90 µg/100 ml
Acide pantothénique	350 µg/ 100 ml
Acide folique	5,5 µg/ 100 ml
Vitamine H	3,5 µg/100 ml

3. Facteurs influençant la composition du lait

Selon **Lon (1994)**, la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient en fonction d'un grand nombre de facteurs. Ces facteurs sont bien connus et ils sont liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...etc.), au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat et alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter. La composition du lait est variable et elle dépend du génotype de la femelle laitière (race et espèce). L'âge, la saison, le stade de lactation et l'alimentation sont également des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur la composition du lait (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

3.1. Variabilité génétique entre individus

D'après **Pougheon et Goursaud (2001)**, il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont influencés par la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus productives présentent un plus faible taux de matière grasse et matière protéique. Le choix d'une race repose sur un bilan économique global et l'éleveur a une tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée.

3.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale) et elles chutent jusqu'au 2^{ème} mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Ces taux augmentent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

3.3. Age et numéro de lactation

Selon **Pougheon et Goursaud (2001)**, on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du taux butyreux de 1% et du taux protéique de 0.6%.

3.4. Facteurs alimentaires

Une réduction courte et brutale de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues). L'apport de fourrages à volonté conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique et des caséines. L'addition de matière grasse dans la ration induit le plus souvent une baisse du taux butyreux. Elle est due à une perturbation de la fermentation ruminale, mais elle influence la composition en acides gras de la matière grasse du lait (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

3.5. Facteurs climatiques et saisonniers

D'après **Pougheon et Goursaud (2001)**, la saison a une influence importante la composition du lait. Elle se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, ...etc.) de façon immuable. Le taux butyreux atteint son minimum en juin-juillet et son maximum à la fin de l'automne. Cependant, la teneur en protéines atteint son minimum à la fin de l'hiver et au milieu de l'été et son maximum à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

4. Rôles technologiques

Du point de vue technologique, il est important de noter que les vitamines liposolubles A, D, E et K s'associent aux différents lipides. Par conséquent, l'écémage du lait diminuera considérablement leurs concentrations. Par contre, elles seront en plus grande concentration dans les autres produits comme la crème et le beurre. La couleur jaunâtre de ces produits provient principalement des carotènes ou provitamines A et de la vitamine A. Les vitamines hydrosolubles se retrouvent en plus grande concentration dans le sérum. Ainsi, la couleur jaune-verdâtre du lactosérum est due à sa teneur en vitamine B, ou riboflavine. Les différentes vitamines peuvent ressentir l'effet de la chaleur et de la lumière (**Jeantet et al., 2012**).

5. Qualité du lait

Le lait est un aliment équilibré et sain. Cependant, la qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du produit est l'affaire de toute une filière (**Grimard, 1994**). Aujourd'hui, les consommateurs demandent de plus en plus que les éleveurs produisent un lait de qualité. De nombreux plans de maîtrise se sont développés. La plupart des modifications nécessaires à l'amélioration de la qualité hygiénique du lait passent par un changement des pratiques d'élevage comme l'hygiène et la technique de traite ou conduite du tarissement (**Guattéo, 2001**).

5.1. Qualité technologique

Elle caractérise l'existence ou le risque d'altération du lait. Cette qualité est jugée insuffisante pour le produit qui contient un nombre de micro-organismes d'altération suffisant pour diminuer sensiblement la qualité organoleptique du produit avant sa date limite de consommation (**Bourgeois et Leveau, 1980**). Cette qualité dépend de la composition chimique (taux protéique et taux butyrique), de la qualité bactériologique et de l'aptitude à la transformation (**Cauty, 2005**).

5.2. Qualité sanitaire

Elle caractérise le risque pour la santé du consommateur. Cette qualité est jugée défaillante si le produit contient une quantité de toxines ou de microorganismes pathogènes suffisante pour rendre le produit dangereux à consommer (**Bourgeois et Leveau, 1980**). Les risques pour la santé humaine sont liés à l'existence de trois types de danger : le danger physique, biologique et chimique (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

5.2.1. Danger physique

L'utilisation de certains produits ou matériels peut être à l'origine de corps étrangers indésirables dans le lait et les produits transformés. Les spatules en bois et les fouets (avec un manche en bois) sont utilisés dans les unités pour l'homogénéisation et le brassage du lait. Des débris de bois peuvent se retrouver dans le lait ou dans les produits transformés. Par ailleurs, si les pratiques de traite sont défectueuses et que le lait n'est pas filtré, des graines de sable ou de poils peuvent le polluer (**Broutin et al., 2005**).

5.2.2. Danger biologique

C'est le risque majeur à maîtriser dans le cadre de la transformation laitière. Les agents infectieux présents dans les aliments peuvent provenir de plusieurs sources : les animaux, l'environnement et le matériel du personnel de l'unité de production (**Broutin et al., 2005**). Ce danger regroupe les bactéries, les virus et les parasites dangereux pour l'homme (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

5.2.3. Danger chimique

Il est plus varié et tend à prendre une importance de plus en plus grande dans les pays à production intensive. Selon **Bourgeois et Leveau (1980)**, le danger chimique a deux origines à savoir :

- Origine intrinsèque : ce sont des contaminants naturellement présents dans l'aliment comme les composés allergènes ou les substances anti-vitaminiques.
- Origine extrinsèque : ce sont les polluants de l'environnement (métaux lourds) et résidus de pesticides et contaminants industriels tel que la dioxine, les résidus de traitements vétérinaires ou les composés issus d'un accident de transformation (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

5.3. Qualité organoleptique du lait

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

5.3.1. Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, due en grande partie à la matière grasse et aux pigments de carotène ; la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**Fredot, 2005**). **Reumont (2009)** a rapporté 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 la lumière blanche.

5.3.2. Odeur

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

5.3.3. Saveur

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est par parfois de même du colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait suite à la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (**Thieulin et Vuillaume, 1967**).

5.3.4. 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. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée.

Chapitre II :
Caractéristiques physicochimiques du
lait

1. Composition physicochimique du lait

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants. De point de vue physique, le lait présente une hétérogénéité puisque certains composants sont dominants de point de vue quantitatif ; ce sont l'eau, la matière grasse, les protéines et le lactose. Les composants mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes et les vitamines. Au point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa structure est indispensable à la compréhension des transformations qui s'opèrent en lui et en ses dérivés au cours des divers traitements industriels. La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 8.

Tableau 8 : Composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006)

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

Fredot (2006) a rapporté que le lait est constitué de quatre phases :

1. Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A et D).
2. Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.
3. Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux et azote non protéique).
4. Une phase gazeuse composée d'O₂, d'azote et de CO₂ dissous qui représentent environ 5% du volume du lait.

La composition moyenne du lait de différentes espèces animales est représentée dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (**Vignola, 2002**).

Animaux	Eau %	MG %	Protéines %	Glucides %	Minéraux
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7
Jument	88,9	1,9	2,5	6,2	0,5
Femme	87,1	4,5	3,6	7,1	0,2

2. Composants chimiques indésirables du lait

Le lait peut contenir des substances ingérées ou inhalées par l'animal, sous forme de constituant original ou de composés métabolisés. Les substances étrangères peuvent provenir des aliments (engrais et produits phytosanitaires) ou de l'environnement prescrit à l'animal (produits pharmaceutiques, antibiotiques, hormones) (**Mathieu et al., 1977**).

2.1. Antibiotiques

La présence des résidus d'antibiotiques dans le lait, surtout si ces substances sont appliquées localement pour le traitement des mammites (**Jacquet, 1969**), engendre un double inconvénient. Pour le consommateur, ils peuvent être responsable de phénomènes d'allergie et

ils sont parfois cancérogènes (**Michell, 2005**). Chez les sujets sensibles, ils peuvent contribuer à l'installation d'une flore endogène antibiorésistante (**Morel, 1962**).

2.2. Pesticides

Les résidus de pesticides sont des substances polychlorées, liposolubles et s'accumulent donc dans les graisses de réserve. Lors de la fonte des graisses, les substances emmagasinées sont brusquement remises en circulation et des manifestations d'intoxication peuvent apparaître (**Beroza et Bowman, 1996**).

2.3. Métaux

Parmi les métaux susceptibles de contaminer le lait à des taux inquiétants pour la santé on peut citer le sélénium, l'arsenic, le plomb et le mercure (**Vanier, 2005**).

3. Caractéristiques physicochimiques du lait

Les propriétés physiques comme la densité absolue, la viscosité, la tension superficielle et la chaleur spécifique dépendent de l'ensemble des constituants (**Mathieu, 1998**).

Tableau 10 : Constantes physiques usuelles du lait de vache (**Luquet, 1985**).

Constantes physique	Valeur
pH (20°C)	6,5 à 6,7
Acidité titrable (°D)	15 à 18
Densité	1,028 à 1,036
Température de congélation (°C)	-0,51 à -0,55
Point d'ébullition	100,5

3.1. Masse volumique

Le lait contient différents éléments dispersés (microorganismes, globules gras, micelles de caséines) qui peuvent être séparés selon leur 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. La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogramme par litre, est une propriété physique qui varie selon la température (**Vignola, 2002**).

3.2. Densité

La densité du 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 (Alais, 1984). La densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage (Vignola, 2002). Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Vierling, 2008).

3.3. 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.

3.4. Point d'ébullition

D'après Amiot et al. (2002), le point d'ébullition est 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 est influencé par la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C (Amiot et al., 2002).

3.5. Acidité

Selon Jean et al. (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 par la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par le dosage en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine. 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 = 0,1g d'acide lactique par litre de lait. Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27 °D coagule au chauffage et un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule au refroidissement.

Tableau 11 : Acidité naturelle de différents constituants du lait (Vignola, 2002).

Constituants	Acidité (% d'équivalent d'acide lactique)
Caséines	0,05 à 0,08
Phosphates	0,05 à 0,07
Lactalbumine	0,01
CO ₂	0,01 à 0,02
Acide citrique	0,01

3.6. pH du lait

Les différents laits ont une réaction ionique voisine de la neutralité. Le pH est compris entre 6,4 et 6,8. C'est la conséquence de la présence de la caséine et des anions phosphorique et citrique, principalement. Le pH n'est pas une valeur constante. Il peut varier au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant, l'amplitude des variations est faible dans une même espèce. Le colostrum a un pH plus bas, du fait de la teneur élevée en protéines (Gaucher et al., 2008). Le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donnée les différences de la composition chimique, notamment en caséines et en phosphates.

4. Modifications physicochimiques du lait

Dans le lait fraîchement traité, les caséines sont sécrétées sous forme de micelles organisées. Leur stabilité dépend en partie de constituants (calcium, magnésium, phosphore inorganique et citrate) en équilibre avec la phase soluble. Le refroidissement provoque une déminéralisation de la phase colloïdale au bénéfice de la phase soluble (à cause des variations de solubilité des sels avec la température et un affaiblissement des liaisons entre les caséines au sein des micelles). Il en résulte une diminution de leur taille, une solubilisation partielle des caséines et un accroissement de la stabilité de la phase micellaire. Ces modifications ne sont que lentement réversibles avec l'élévation de température (Lenoir, 1987).

5. Analyses physicochimiques

5.1. Détermination de la matière grasse

La matière grasse est déterminée par la méthode acidobutyrométrique (norme AFNOR, 1980). Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution de la matière grasse à doser par

l'acide sulfurique. Sous l'influence de la force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque, la matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux.

5.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium à 0,11 mol/L. La présence de phénolphaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle). Cette acidité est exprimée en degré Dornic (°D) où : 1 °D représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait (**Mathieu, 1998**).

5.3. Détermination de la densité

La densité est mesurée à l'aide d'un thermo-lactodensimètre étalonné de manière à donner par simple lecture du trait correspondant au point d'affleurement de la densité de l'échantillon de lait à analyser. Elle est ramenée à 20°C par la formule suivante : Densité corrigée = densité lue + 0,2 (température du lait - 20°C) (**Mathieu, 1998**).

5.4. Détermination du pH

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. On le mesure habituellement à l'aide de pH-mètre. On considère un lait anormal si la valeur du pH est inférieure à 6,5 ou supérieure à 6,9. Le colostrum est plus acide que le lait normal du fait de sa teneur élevée en protéines, alors que le lait de fin de lactation et celui d'une vache malade ont généralement un pH plus élevé. Le pH du lait dépend principalement de la présence des caséines et d'anions phosphoriques et citriques. Le pH-mètre est un appareil électronique muni d'une électrode, qui renferme une solution aqueuse acide, comporte une membrane de verre spécial perméable aux ions H⁺. La différence entre les ions H⁺ de la solution contenue dans l'électrode et les ions H⁺ du lait est convertie en une différence de potentiel électrique. Le pH-mètre transforme cette différence de potentiel en unités pH (**Vignola, 2002**).

Tableau 12 : Valeurs du pH et de l'acidité du lait (Mathieu, 1998).

pH	Acidité en °D	Type
6,9 et plus	15 et moins	Lait de types alcalin, lait de mammite, lait de rétention, lait de lactation et lait dit mouillé.
6,6-6,8	16-18	Lait frais normal de vache.
6,35-6,4	20	Lait légèrement acide : lait du début de lactation, colostrum, lait transporté en vrac.
6,0-6,1	24	Lait qui coagule au cours d'une pasteurisation à 72°C.
5,5-5,6	45-50	Lait coagulant à 60°C.

Chapitre III :
Qualité microbiologique du lait

1. Caractéristiques microbiologiques du lait

Lorsque le lait est sécrété dans le pis, il est pratiquement stérile. Cependant, même avant de quitter le pis, il peut être contaminé par des bactéries qui entrent par le canal du trayon. Normalement, ces bactéries sont sans danger et ne sont que quelques dizaines ou centaines par millilitre. Toutefois, dans le cas de mammites d'origine bactérienne, le lait est fortement infecté par les bactéries et risque même d'être impropre à la consommation, sans parler de la souffrance de l'animal. Le canal du trayon présente toujours des concentrations de bactéries, mais la plupart sont évacuées au début de la traite. Il est recommandé d'utiliser un récipient séparé avec couvercle foncé pour collecter, à chaque trayon, les premiers jets riches en bactéries. Le lait flocculeux des animaux malades est nettement visible contre le fond foncé. (Bylund, 2000). L'étude microbiologique permet de caractériser et ainsi de mieux contrôler les quatre principaux groupes de microorganismes ou microbes présents dans l'environnement alimentaire et laitier. Il y a des microorganismes partout dans l'environnement : dans l'air, dans l'eau, dans le sol, sur les animaux et les plantes et chez l'humain. Ce chapitre a pour objectif de caractériser les microorganismes selon leur structure ou morphologie, leurs besoins de croissance ou physiologie et leur métabolisme ou les transformations qui peuvent s'effectuer sur les composants des produits laitiers. Par ces connaissances, il sera plus facile de reconnaître leur présence, d'empêcher ou de restreindre leur intrusion dans l'industrie laitière, de limiter leur croissance ou de les détruire ; en fait, de mieux les contrôler.

1.1. Flore originelle

Au cours de la manipulation à la ferme, le lait est susceptible d'être infecté par divers microorganismes, principalement des bactéries. Le degré d'infection et la composition de la population bactérienne dépendent de la propreté de l'environnement de la vache et des surfaces avec lesquelles la vache entretient en contact, par exemple, le seau ou la trayeuse, le filtre, le bidon à lait, la cuve et l'agitateur. Les surfaces mouillées par le lait représentent généralement une plus grande source d'infection que le pis. Avec la traite manuelle, le trayeur, la vache, la litière, l'air ambiant peuvent être des sources d'infection. L'importance de l'infection dépend largement de l'habileté et de la sensibilisation du trayeur aux questions d'hygiène, et de la façon dont la vache est entretenue. La plupart de ces sources d'infection sont supprimées par la traite mécanique qui, elle-même, représente une nouvelle source d'infection. Un très grand nombre de bactéries peuvent infecter le lait de cette façon si l'on ne nettoie pas l'équipement de traite correctement. (Bourgeois *et al*, 2000)

Tableau 13 : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002).

Microorganismes	Pourcentage %
<i>Micrococcus sp</i>	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10-30
<i>Sterptococcus</i> ou <i>Lactococcus</i>	< 10
Bactéries à Gram négatif	< 10

1.1.1. Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des cellules procaryotes organotrophes de forme hétérogène cocci et bacilli (Badis *et al.*, 2005). Ce sont des bactéries à Gram positif. Elles sont sporulantes, anaérobie facultatives, à métabolisme fermentaire strict et capables de croître à des températures comprises entre 10°C et 45°C et à des pH allant de 4,0 à 6,5. Ces bactéries sont généralement immobiles et se caractérisent par la production d'acide lactique comme produit majeur du métabolisme fermentaire (Salminen *et al.*, 2004).

Elles sont catalase négative et cytochrome oxydase négative. Elles sont protéolytiques, ne liquéfient pas la gélatine, et ne forment pas d'indole ni d'hydrogène sulfureux. Ces bactéries sont également incapables de fermenter le glycérol (Dellaglio *et al.*, 1994). Les bactéries lactiques sont considérées comme le groupe bactérien le plus exigeant du point de vue nutritionnel car elles requièrent non seulement des substrats complexes carbonés, azotés, phosphatés et soufrés mais aussi des facteurs de croissance comme les vitamines et les oligoéléments (Gevers, 2002).

1.1.1.1. Intérêt des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques jouent un rôle important dans l'industrie alimentaire et dans le domaine thérapeutique.

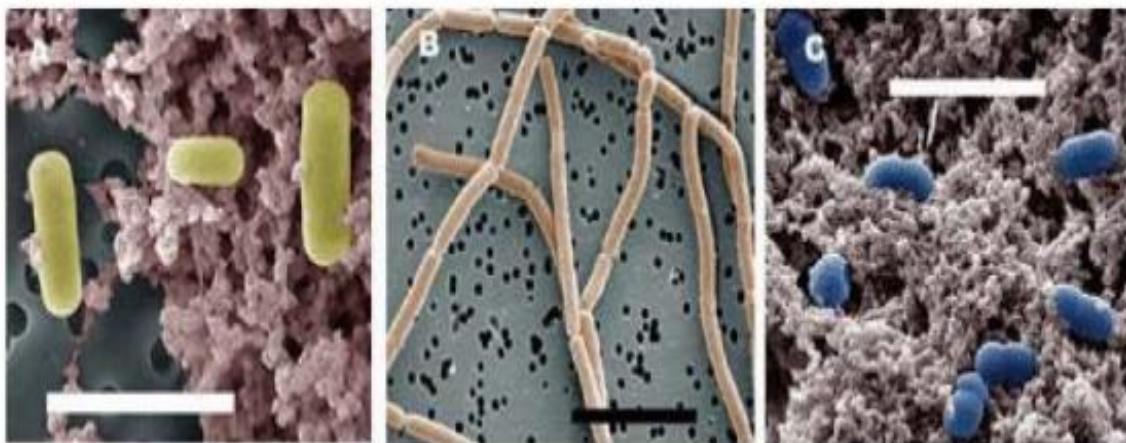
- Dans l'industrie alimentaire

Les bactéries lactiques sont impliquées dans la fermentation et la bioconservation de différents aliments. Ainsi, les souches de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Sterptococcus thermophilus* sont utilisées pour la production du yaourt, des fromages et des laits fermentés (Yateem *et al.*, 2008).

Le vin, les poissons, les viandes, les charcuteries, le pain au levain entre autres sont aussi des produits de fermentation par des bactéries lactiques (Badis *et al.*, 2005). L'utilisation de ces dernières a pour but l'amélioration des caractéristiques organoleptiques des produits fermentés et l'augmentation de leur durée de conservation, sans l'utilisation de conservateurs chimiques, grâce aux substances antimicrobiennes qu'elles secrètent (Dortu et Thonart, 2009). Les souches utilisées en industrie alimentaire doivent répondre à certains critères : absence de pathogénicité ou activité toxique, capacité d'améliorer les caractéristiques organoleptiques, capacité de dominance, facilité de culture et de conservation, et maintenance des propriétés désirables durant le stockage (Marth et Steele, 2001).

- **Dans le domaine thérapeutique**

Les bactéries lactiques apportent des bénéfices à la santé de l'hôte en stabilisant la microflore intestinale et en jouant également un rôle important dans la maturation du système immunitaire (Yateem *et al.*, 2008). Plusieurs études ont démontré le rôle aussi bien préventif que curatif de ces bactéries sur plusieurs types de diarrhées (Mkrtchyan *et al.*, 2010). D'autres ont cité leur capacité de diminuer les allergies liées aux aliments grâce à leur activité protéolytique (El-Ghaish *et al.*, 2011). Uehara *et al.* (2006) ont démontré la capacité des souches de *Lactobacillus crispatus*, utilisées sous forme de suppositoires pour empêcher la colonisation du vagin par les bactéries pathogènes et de prévenir ainsi les rechutes chez les femmes qui souffrent d'inflammations fréquentes et répétées de la vessie.



(A): *Lactobacillus helveticus*, (B): *Lactobacillus delbrueckii*, (C): *Lactococcus lactis*.

Figure 7 : Les bactéries lactiques (Prescott *et al.*, 2010).

1.2. Flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (**Vignola, 2002**).

Le lait se contamine par des microbes d'origines diverses :

- **Fèces et téguments de l'animal** : Coliformes, Clostridies, et éventuellement des Entérobactéries pathogènes (*salmonella*).
- **Sol** : Streptomyces, bactéries sporulées, spores fongiques, *listéria*.
- **Litière et aliments** : flore banale variée, en particuliers, Lactobacilles, *Clostridium* butyriques (ensilages).
- **Air et eau** : flore diverse dont *pseudomonas*, bactérie sporulées, ... etc.
- **Équipements de traite et de stockage du lait** : flore lactique, microcoque, Lactobacilles, Streptocoques, Leuconostoc, levure, cette flore sera souvent spécifique d'une usine à une autre.
- **Manipulateurs** : Staphylocoques dans le cas de traite manuelle.
- **Vecteurs divers** : insectes en particulier et flore de contamination fécale (**Guiraud, 1998**).

Tableau 14 : Flore microbienne du lait (Leyral et vierling, 2001)

Flore original		Flore contamination	
Bactérie des canaux galactophores	Bactéries contaminant le lait pendant et après la traite	Bactéries d'origine fécale	Bactéries présente sur l'animal malade
Lactobacilles, Streptocoques Lactique	<i>Pseudomonas, flavobacterium,</i> Entérobactérie, microcoques, Corynébactéries, bacilles <i>Streptocoque feacalis, clostridium.</i>	<i>Clostridium,</i> coliformes fécaux, <i>yersinia, salmonella campylobacter.</i>	<i>Staphylococcus aureus,</i> <i>Brucella, Listeria.</i>

1.2.1. Contamination du lait cru au stade de la production

La flore du lait cru est abondante et susceptible d'évoluer rapidement. Il faut donc abaisser sa température à moins de 10°C le plus rapidement possible, au mieux dans l'heure qui suit la traite. Le lait recueilli à la ferme par traite mécanique ou manuelle est soit directement transporté au centre de ramassage où il est réfrigéré, soit stocké dans des réservoirs réfrigérés avant transport dans le cas d'exploitations importantes. Dans ces conditions, la flore microbienne est stabilisée. Le lait cru doit être toujours maintenu au froid. La durée de conservation de ce lait est courte (quelques jours) en raison de la possibilité du développement des germes psychrotrophes et psychrophiles (Guiraud et Galzy, 1980).

1.2.2. Contamination par l'animal

Le lait renferme, lorsque l'animal est sous médication, des résidus d'antibiotiques qui sont à l'origine de perturbations importantes des processus de fermentation et de maturation des produits laitiers de large consommation tels que les yaourts, fromages et autres laits fermentés (Ben Mahdi et Ouslimani, 2009). Ces laits anormaux doivent être séparés du lait sain et ne pas être utilisés pour la transformation. La propreté des vaches a un impact significatif sur la santé du pis et en particulier sur le taux de mammites environnementales. Le maintien de la propreté du pis et des membres des vaches permet de diminuer la propagation d'agents pathogènes de l'environnement vers le canal du trayon.

1.2.3. Contamination au cours de la traite

On peut retrouver sur la surface des trayons une grande diversité de groupes microbiens tels que les flores utiles, les flores d'altération et les flores pathogènes. Les groupes microbiens utiles sont fortement dominants, leurs niveaux étant au moins 100 fois supérieures à ceux des groupes d'altération ou pathogènes (staphylocoques à coagulase positive). Dans le lactoduc et l'air du lieu de traite, la diversité microbienne est moindre puisque seuls quelques groupes microbiens sont systématiquement présents.

1.2.4. Contamination au cours du transport

La collecte et le transport se font grâce à des camions-citernes réfrigérés qui récoltent régulièrement le lait dans les fermes. Ils doivent respecter un certain nombre de règles légales afin de livrer un lait de bonne qualité, notamment par le maintien du lait au froid afin d'arrêter le développement des microorganismes. Il constitue un traitement de stabilisation (**Weber, 1985**).

Une mauvaise réfrigération au cours du transport peut avoir un impact grave sur la qualité du lait et engendrer des pertes financières importantes (**Jakob et al.,2011**).

2. Contrôle de la qualité microbiologique du lait

La qualité se définit comme étant l'ensemble des caractéristique d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites. La qualité du lait comprend des composantes d'ordre hygiénique, nutritionnel, organoleptique et technologique. Le contrôle de la qualité du lait est régi par des normes et des règlements internes au niveau de chaque pays (**AFNOR, 1996**).

Le contrôle microbiologique des aliments à pour objectif d'évaluer les caractères moins apparents mais fondamentaux d'un produit alimentaire. Il s'agit de la salubrité c'est-à-dire l'absence d'action toxique, de microorganismes pathogènes ou toxinogènes ainsi que le niveau des populations des germes d'altération. Par ailleurs, dans le cas des conserves, on contrôle la stabilité des produits c'est-à-dire l'aptitude du produit à ne pas s'altérer trop rapidement si les conditions de stockage sont respectées (**Andrews, 1996**).

Les germes à rechercher dans le lait pasteurisé d'après le journal officiel de la république algérienne N° 69 (**JORA, 1993**) sont :

2.1. Flore d'altération

Seulement quelques espèces sont responsables de l'altération du produit. Elles sont sélectionnées en fonction des conditions physicochimiques mises en jeu (nature de produit, pH, pression partielle en oxygène, température de stockage, ...etc.) (Bennefoy *et al.*, 2002).

2.1.1. Bactéries coliformes

Les bactéries coliformes sont des bactéries à Gram (-) non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives (Billon et Sauve, 2009). Parmi lesquelles on peut citer les genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

2.1.2. Levures et moisissures

Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires et sont souvent rondes à ovales, la division se fait par bourgeonnement, plus rarement par scissiparité. A cité que les levures d'altération sont associées au domaine laitier (Hermier *et al.*, 1992). Cependant, les moisissures sont des champignons microscopiques filamenteux, dix fois plus grosse que les levures. Il existe plusieurs genres de moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* (Meyer *et al.*, 2004). Les levures et les moisissures se trouvent dans le fromage mais rarement dans le lait.



(A): *Alternaria alternata* ; (B): *Penicillium pupurogenum* ; (C): *Clodosporium hebarum*.

Figure 8. Quelques espèces de moisissures (Labrie, 2012).

2.1.3. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques sont des indicateurs de contamination fécale. Ces bactéries entraînent très souvent une très forte protéolyse. Les Streptocoques lactiques et les lactobacilles (qui font partie de la flore indigène du lait) sont recherchés pour la fabrication du fromage car elles peuvent, en grande abondance, acidifier trop rapidement le lait, ce qui provoque la coagulation.



Figure 9. Morphologie des *Streptocoques fécaux* observés sous microscope électronique à transmission (x 10000) (<https://en.wikipedia.org/wiki/Salmonella>).

2.2. Flores pathogènes

Les germes pathogènes auxquels on accorde une importance particulière, en raison de la gravité ou de la fréquence des risques qu'ils présentent, sont cités ci-dessous :

- ✓ Les principales bactéries pathogènes sont *Salmonella spp*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Campylobacter spp*.
- ✓ Les principales bactéries toxigènes sont *Staphylococcus spp* et *Clostridium botulinum*.



Figure 10. Quelques bactéries pathogènes (Prescott *et al.*, 2010).

2.2.1. Staphylocoques

Le genre *Staphylococcus* appartient à la famille des *Staphylococaccae*. Ce sont des coques à Gram + de 0,5 à 2,5 µm de diamètre, non sporulés et immobiles. En fonction de leur capacité à coaguler le plasma de lapin on distingue des espèces à coagulase positive et des espèces à coagulase négative. Parmi les staphylocoques à coagulase positive, seules les souches productrices d'entérotoxine sont impliquées dans les intoxications alimentaires (Leyral et Vierling, 2007).



Figure 11. Morphologie de *Staphylococcus aureus* observée sous microscope électronique à balayage (Gx100) (Willey *et al.*, 2010)

S. aureus est une bactérie mésophile dont la température optimale de croissance est comprise entre 30 et 37°C. Elle est capable de se multiplier à des valeurs de pH comprises entre 4,2 et 9,3 avec un pH optimal de croissance de 7,0 à 7,5. Comme beaucoup d'espèces de *staphylocoques*, *S. aureus* est un germe halotolérant, qui peut se multiplier en présence de concentrations élevées de chlorure de sodium (en général jusqu'à 10%) (Cuq, 2007).

Chez l'animal et plus particulièrement chez la vache, *S. aureus* est naturellement présente sur la peau de la mamelle et des trayons et elle a, donc, toute la possibilité de coloniser des blessures de trayons et l'intérieur de la mamelle. Les staphylocoques sont des germes pathogènes à réservoir mammaire puisque les quartiers infectés, les plaies et les gerçures sont les principaux réservoirs et les germes sont transférés dans les trayons sains à l'occasion de la traite. Etant donné son habitat et sa fréquente mise en cause dans les mammites, la présence des staphylocoques dans le lait paraît quasi inévitable.

L'éleveur devra s'attacher à réduire le niveau de contamination du lait par des pratiques qui visent à réduire le risque d'infection tant sur les trayons qu'à l'intérieur de la mamelle, à éviter toute dissémination des staphylocoques au sein du troupeau et à supprimer tout risque de multiplication au cours du stockage du lait à la ferme (**Fatet, 2004**).

Le lait cru reste la principale source de contamination des produits laitiers par les staphylocoques. Il faut préciser que ces germes sont détruits par la pasteurisation. Par contre, ils sont peu gênés par l'acidification des fromages et des taux élevés de sel. Par conséquent, la plupart des fromages réunissent, durant les 24 premières heures de fabrication, des conditions souvent favorables à la croissance des staphylocoques s'il y en a au départ (**Fatet, 2004**).

Le pouvoir pathogène de certaines espèces de staphylocoques est dû à la production d'une entérotoxine, elle n'est détruite ni par la pasteurisation du lait ni au cours de l'affinage des fromages. L'entérotoxine staphylococcique étant un métabolite secondaire. Sa production nécessite une température minimale de 8 à 10°C et elle est synthétisée en fin de phase exponentielle et au cours de la phase stationnaire de croissance (**El Atyqy, 2008**).

Le nombre minimum de germes nécessaires à la production de suffisamment de toxine pour provoquer l'empoisonnement est évalué selon les auteurs à 5.10^5 ou 5.10^6 germes/g. Sur le plan pratique, la prévention contre les staphylocoques passe par une bonne prévention des mammites et une attention toute particulière aux trayons (**Cuq, 2007**).

Tableau 15. Principaux caractères des Staphylocoques (Camille, 2007).

Morphologie.	Cocci sphérique de 0,5 à 1µm de diamètre : -en amas (grappes de raisin) : <i>S.aureus</i> ; -en paires, amas irréguliers : autre espèces.
Coloration de Gram	Gram+.
Mobilité	Immobilés (mouvements browniens).
Type respiratoire	Anaérobies facultatifs en général.
Oxydase	Positive.
Catalase	Positive.
Conditions de culture	<ul style="list-style-type: none"> • Température optimale à 37°C ; croissance à 10°C et à 45°C selon les espèces. • pH optimal de 7,2 à 7,4.
Caractères spécifiques	Halotolérants : 6,5 % de NaCl.
Milieux de culture d'usage Courant	Gélose nutritive, gélose trypticase soja ...
Milieux d'isolement sélectifs	Gélose de Baird-Parker ; Milieu de Chapman ...
Milieu d'enrichissements Sélectifs	Bouillon de Giolitti-Cantoni.

2.2.2. Salmonelles

Ce sont des entérobactéries lactose -, H₂S +. Elles sont essentiellement présentes dans l'intestin de l'homme et des animaux. Elles ne font pas partie de la flore commensale du tube digestif de leurs hôtes, mais le portage asymptomatique reste fréquent et représente la plus grande voie de dissémination des bactéries dans l'environnement et dans les aliments (Guy, 2006).

Plus de 2000 sérotypes ont été décrits dans le genre *Salmonella*. Ce sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives, leur survie voire leur multiplication est possible dans un milieu privé d'oxygène. Elles se développent dans une gamme de température variant entre 4°C et 47°C avec un optimum situé entre 35 et plus de 40°C. Elles survivent aux basses températures et donc résistent à la réfrigération et à la congélation. En revanche, elles sont détruites par la pasteurisation (72°C pendant 15 sec). Elles sont capables de se multiplier dans une plage de pH de 5 à 9, mais sont sensibles à la fermentation lactique, lorsque celle-ci entraîne des concentrations en acide lactique supérieures à 1% et un pH inférieur à 4,55 (Jay, 2000 ; Guy, 2006).

Les vaches laitières sont souvent sujettes aux salmonelloses essentiellement dues aux sérovars ubiquistes provoquant ainsi une diarrhée profuse, une anorexie et une chute importante de la quantité du lait. Les cas de salmonellose liés par la consommation du lait et produits dérivés sont estimés à environ 15% (Cuq, 2007).

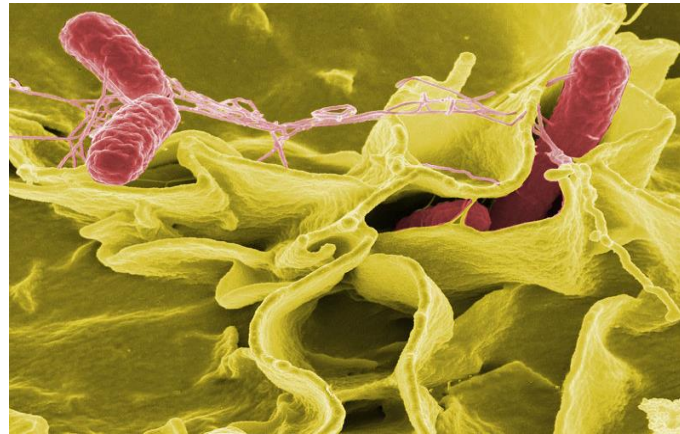


Figure 12. Morphologie de *Salmonella* observée sous microscope électronique à transmission (x 10000) (<https://en.wikipedia.org/wiki/Salmonella>).

2.2.3. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000 ; Edberg *et al.*, 2000).

Des coliformes banals absorbés en quantité massive (1 million à 1 milliard de germes) peuvent déclencher des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée), habituellement de courte durée.

2.2.4. *Listeria monocytogenes*

Le genre *Listeria* appartient à la branche phylogénétique des *Clostridium* tout comme *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* et *Bacillus*. Sur la base des résultats d'hybridation ADN/ADN et du séquençage partiel de l'ARN ribosomique 16S, le genre *Listeria* est actuellement divisé en six espèces, réparties en deux branches phylogénétiques. La première comprend *L. monocytogenes*, *L. ivanovii* (subsp. *ivanovii* et subsp. *iondoniensis*),

L. innocua, *L. welshimeri*, *L. seeligeri*. La deuxième est constituée d'une seule espèce : *L. grayi* (*L. murrayi* a été récemment réunie à *L. grayi*). Elle a été très rarement isolée. *L. denitrificans* a été transférée dans un nouveau genre Jonesia, comme *J. denitrificans*. Les bactéries du genre Listeria se présentent sous la forme de petits bacilles de forme régulière de 0,5 µm à 2 µm de long et de 0,4 µm à 0,5 µm de diamètre, arrondis aux extrémités et ne formant ni capsule ni spore. Elles sont à Gram positif, pouvant apparaître à la coloration de Gram, isolées, en V, en amas et parfois même en chaînettes. Leur croissance est possible entre 0°C et 45°C (température optimale entre 30 et 37°C), pour des pH compris entre 4,5 et 9,6, jusqu'à 10 % NaCl et pour une Aw de 0,92. Entre 20°C et 25°C, elles sont mobiles grâce à des flagelles dont l'implantation est péritriche. *L. monocytogenes* peut être considérée comme un agent pathogène alimentaire « parfait » car elle est ubiquiste, très résistante aux conditions difficiles (température, Aw, pH, ...etc) et surtout elle est capable de se développer aux températures de réfrigération des aliments. La virulence des souches pourrait d'ailleurs être exaltée par leur développement à basse température.



Figure 13. Morphologie de *L. monocytogenes* observée sous microscope électronique à transmission (x 10000) (<https://en.wikipedia.org/wiki/Salmonella>).

2.2.5. Virus

Le virus est le plus petit microorganisme connu. Sa taille est de l'ordre du nanomètre, soit un millionième de mètre. Étant un parasite, il a besoin d'un organisme vivant pour se développer. Il peut parasiter un homme, un animal, une plante ou une bactérie. Les virus ne se développent donc pas dans les aliments. La présence de virus dans un produit laitier signifie qu'un manipulateur, un animal, l'eau ou une des composantes utilisées dans la formulation du produit alimentaire a servi de vecteur d'incorporation.

Les principaux virus associés au secteur laitier sont ceux de l'hépatite A et les bactériophages. Ces bactériophages, ou phages, attaquent les jeunes bactéries ou les ferments en pleine phase de multiplication dite la phase logarithmique. Le processus de reproduction à l'intérieur de la bactérie peut entraîner la production de 10 à 200 nouveaux phages. Cependant, ce phage spécifique aux bactéries n'est pas dangereux pour l'être humain. La figure 14 montre l'attaque d'une cellule bactérienne par un bactériophage.

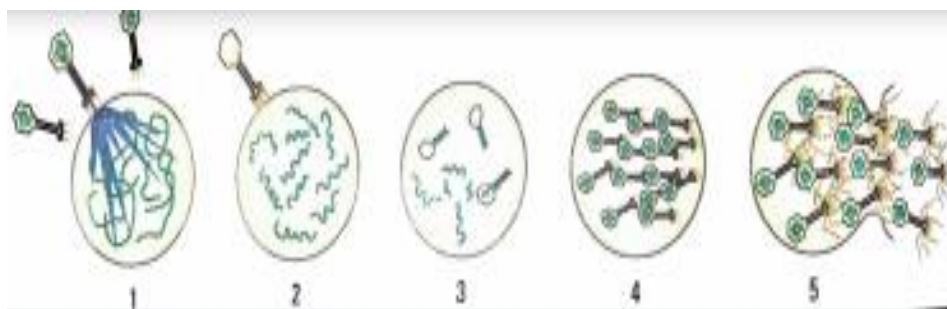


Figure 14. Représentation schématique de l'infection d'une cellule bactérienne par un bactériophage (Larbie, 2012).

Tableau 16. Quelques propriétés des microorganismes de lait cru.

Microorganismes	Caractéristiques	Effets	Références
<i>Clostridium</i>	Gram positif, anaérobie stricte.	Contamination du lait au moment de la traite	Bourgeois et Leve, 1991.
<i>Escherichia coli</i>	Mobile, pathogène.	Capable de fermenter le glucose et le lactose	Carip, 2008.
<i>Salmonella</i>	Pathogène, Gram négatif, Mobile, sensibles au pH acide, aéro-anaérobies facultatif	Capable de fermenter le glucose, incapable de fermenter le lactose.	Carip, 2008.
<i>Staphylococcus</i>	Gram positif, immobile, non capsulés et non sporulés.	Capable de fermenter le glucose ;	Lory et al., 2004 ; Carip, 2008.

Partie expérimentale

Matériel & Méthodes

1. Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail était d'évaluer la qualité physicochimique et microbiologique du lait reconstitué pasteurisé fabriqué au niveau de deux laiteries de la wilaya de Mostaganem.

Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée sur deux laiteries situées dans la wilaya de Mostaganem. Pour cela, nous nous sommes adressés aux services vétérinaires, auprès de la direction des services agricoles de la wilaya de Mostaganem, qui nous ont fourni les bulletins d'analyses de lait prélevés dans deux laiteries de la wilaya de Mostaganem.

2. Lieu d'étude

Deux laiteries ont été sélectionnés pour la réalisation de cette étude : la laiterie Belharmi Lhadj et la laiterie Vallée des jardins. La production principale des deux laiteries est le lait reconstitué, pasteurisé et conditionné en sachet plastique. Ce lait est fabriqué à partir de poudre de lait écrémé ou partiellement écrémé. Il s'agit d'un lait qui a subi un traitement thermique (la pasteurisation) qui détruit de 90 à 98 % de la flore microbienne contenue dans le lait, notamment tous les germes pathogènes non sporulés et plus particulièrement les germes de la tuberculose et de la brucellose.

2.1. Laiterie Belharmi Lhadj

Elle est située sur la Route Nationale N° 11, Mazagran-Mostaganem. Elle est opérationnelle depuis le 15 novembre 2001 et ses produits sont : lait reconstitué pasteurisé (partiellement écrémé), le Raïb (ou lait caillé) et le Lben (lait fermenté ou le petit lait ou). Sa capacité de production est estimée à 5825 L de lait/jour en utilisant la poudre de lait écrémé et partiellement écrémé.



Figure 15. Emballage du lait fabriqué au niveau de la laiterie BELHARMI Lhadj.



Figure 16. Conditionnement du lait fabriqué au niveau de la laiterie Belharmi Hadj.

2.2. Laiterie Vallée des jardins

Elle est située au 17 chemin de l'Hippodrome la Valée des Jardins, Debdaba, Sayada-Mostaganem. Elle est en activité depuis 2004. Ses produits sont : le lait reconstitué pasteurisé écrémé, le lait reconstitué pasteurisé partiellement écrémé, le Lben, le Raïb, et le yaourt. Sa capacité de production est d'environ 22587 L de lait/jour en utilisant la poudre de lait écrémé, poudre de lait partiellement écrémé, le ferment ch11 pour le Lben et le ferment ch19 pour le Raïb.



Figure 17. Emballage du lait fabriqué au niveau de la laiterie Vallée des jardins.

3. Prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés par les services vétérinaires durant la période qui s'étale entre le 18/10/2020 et le 13/04/2021. Au total, 5 unités (sachets de lait de 1L) ont été prélevés par lot. Les prélèvements ont été ensuite placés dans une glacière isotherme contenant de la glace, pour éviter l'effet de la température ambiante lors de leur acheminement vers le laboratoire, et expédiés au Laboratoire Vétérinaire Régional de Mostaganem (LVRM), pour les analyses physicochimiques et microbiologiques, accompagnés des demandes d'analyse sur lesquelles figure les informations suivantes : le nom et l'adresse de la laiterie, le nombre d'unités, le numéro de lot, la date de production et de prélèvement. Au total six prélèvements de lait (trois par laiterie) ont été analysés au cours de cette étude.

4. Méthodes d'analyse

4.1. Analyses physicochimiques

Tous les prélèvements ont été analysés immédiatement après leur réception. Une série d'analyses physicochimiques (la densité, l'acidité, le pH et le taux de matière sèche) a été réalisée sur les prélèvements de lait reconstitué pasteurisé.

Préparation des échantillons en vue de l'étude physicochimique

La préparation de l'échantillon est la première étape d'une analyse physicochimique. Cette étape est très importante pour la réussite d'une analyse, car l'exactitude du résultat en dépend. Cette préparation consiste à rendre l'échantillon homogène et à l'amener à la température à laquelle est effectuée l'analyse.

Mode opératoire :

1. Mélanger soigneusement le lait afin d'obtenir une préparation homogène de la matière grasse dans l'échantillon. Ne pas agiter trop vigoureusement afin d'éviter la mousse ou le barattage de la matière grasse.
2. S'il est difficile de disperser la couche de crème, chauffer lentement à une température de 35°C à 40°C, sur un bain d'eau, en mélangeant soigneusement de façon à incorporer la crème qui adhère au récipient et refroidir l'échantillon rapidement à une température de 20°C à 25°C avant d'entamer les analyses.

4.1.1. Densité

La densité du lait est le rapport des masses volumiques du lait et de l'eau à 20°C et à la même pression. Elle est mesurée par un lactodensimètre, renfermant un thermomètre et une table de correction, gradué en 0,0005 unités étalonné par rapport à l'eau, à $\pm 20^\circ\text{C}$.

Mode opératoire :

A l'aide d'un densitomètre on mesure la densité du lait en l'émergeant dans une éprouvette remplie de lait.



Figure 18. Mesure de la densité du lait à l'aide d'un densitomètre

4.1.2. Acidité titrable

L'acidité titrable est mesurée par titrage avec l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.

Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette graduée, on prélève 10 ml de lait auxquels on ajoute 2 à 4 gouttes de phénolphtaléine à 1 %. Le titrage est réalisé avec une solution de soude jusqu'au virage de la couleur blanche en rose pale. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes. A ce moment, on note le volume de la soude écoulee. L'acidité est égale au volume de NaOH consommé multiplié par 10. L'acidité titrable du lait est exprimée en « degré Dornic » ($^\circ\text{D}$) c'est-à-dire en décigramme d'acide lactique par litre de lait ($1^\circ\text{D} = 0,1 \text{ g d'acide lactique /L de lait}$).

$$\text{Acidité} = V_{\text{NaOH}} \cdot 10 \text{ (}^\circ\text{D)}$$

Où V_{NaOH} est le volume écoulé pour titrer 10 ml de lait.

4.1.3. Taux de matière sèche (JORA, 2012)

La matière sèche ou l'extrait sec total du lait est la fraction massique restante après la dessiccation complète.

Mode opératoire :

Après avoir pesé 1 à 5 g de lait dans une boîte de pétrie on la dépose premièrement dans un bain marie pendant 30 mn à 40°C, ensuite dans une étuve pendant 2h à 105°C et en fin dans un dessiccateur pendant 20-30 mn et on refait la pesée.



Figure 19. Balance



Figure 20. Bain marie



Figure 21. Dessiccateur

4.1.4. pH

Le principe repose sur la mesure directe du pH à l'aide d'électrode plongée dans le liquide. Le pH-mètre est une méthode potentiométrique. Elle mesure l'acidité réelle d'une solution et permet de quantifier les propriétés acide-base des constituants à analyser. La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications quelle donne sur la richesse du lait en certains de ses constituants, sur son état de fraîcheur et sur sa stabilité.

Mode opératoire :

Le pH du lait est déterminé à l'aide d'un pH-mètre. La valeur est lue directement.



Figure 22. Mesure du pH du lait à l'aide d'un pH-mètre

4.2. Analyses microbiologiques

Les analyses sont effectuées, selon les techniques décrites par le journal officiel de la république Algérienne. Le but de ces analyses est la détection et le dénombrement des microorganismes d'altération (tels que la flore aérobie mésophile et les entérobactéries) et les microorganismes pathogènes (salmonelles), rencontrés dans l'industrie laitière.

Préparation des dilutions

Une série de dilutions est réalisée à partir de chaque prélèvement. Au moment de l'emploi, distribuer aseptiquement le diluant (l'eau peptonée tamponnée) à raison de 9 ml dans des tubes stériles de 20 x 200 mm. Pour la préparation des dilutions, utiliser le diluant à température ambiante. Une dilution au 1/10 est obtenue en transférant aseptiquement 1 ml de lait à l'aide d'une pipette de 1 ml stérile dans 9 ml de diluant. Une dilution au 1/100 est obtenue en transférant 1 ml de la dilution au 1/10 à l'aide d'une nouvelle pipette de 1 ml stérile dans un second tube de diluant. Procéder de manière identique pour les dilutions suivantes, si c'est nécessaire. Mélanger soigneusement chacune des dilutions pendant 5 à 10 secondes en utilisant un agitateur mécanique à mouvement de rotation excentré au moment de leur préparation et avant les ensemencements.

4.2.1. Recherche de la Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM)

La flore totale aérobie mésophile à 30°C représente l'ensemble des microorganismes qui se développent en présence d'oxygène. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme mais aussi des micro-organismes d'altération. Leur détection dans

les aliments traduit une altération qui amoindrit la qualité intrinsèque de la denrée (goût, odeur, aspect).

Mode opératoire :

- Transférer en double 1ml de la solution mère et de ses dilutions dans des boîtes de Pétri stériles ;
- Couler 12 à 15 ml de milieu gélosé PCA (Plate Count Agar) fondu au préalable et refroidi dans un bain d'eau à $45\text{ °C} \pm 0,5$;
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu par des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » ;
- Laisser solidifier en posant les boîtes sur une surface fraîche et horizontale ;
- Placer les boîtes de Pétri retournées dans une étuve à 30°C pendant 72h.

Lecture

Compter toutes les colonies ayant poussé peu importe leur aspect. Retenir pour comptage les boîtes de Pétri contenant un nombre de colonies compris entre 10 et 300. Calculer le nombre de microorganismes par millilitre de lait à l'aide de la formule suivante :

Nombre/ml= Nombre totale de colonies comptées/volumeensemencé de l'échantillon

4.2.2 Recherche des entérobactéries (ISO 21528-2, 2017)**4.2.2.1. Entérobactéries autres que *Salmonella***

Le protocole utilisé pour la recherche des entérobactéries est presque le même que celui effectué pour la détection de la flore totale aérobie mésophile sauf que le milieu utilisé est la gélose VRBG (gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) et l'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

4.2.2 Recherche des salmonelles (J.O.R.A, 2005)

En général, la recherche des salmonelles nécessite quatre phases successives.

a. Phase de pré-enrichissement

Un volume de 25 ml de la solution mère a été mélangé avec 225 ml d'eau peptonnée tamponnée et mis à incuber à 37°C pendant 24 h.

b. Phase d'enrichissement

Un ml de suspension de pré-enrichissement a été mélangé à 9 ml de milieu sélénite cystine et mis à incuber à 37°C pendant 24 heures.

c. Phase d'isolement

Au terme de la précédente incubation, le contenu de la culture était homogénéisé et 1 ml de la suspension était ensemencée (épuisement par stries) sur la gélose Hektöen et incubé à 37°C pendant 24 heures.

d. Phase d'identification et de sérotypage

Après le repiquage des colonies présumées de *Salmonella*, on procède à l'identification des souches de *salmonella*, via des tests biochimiques, et au sérotypage, en utilisant des antisérums spécifiques.

Résultats & Discussion

Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques du lait reconstitué pasteurisé

Les résultats des analyses physicochimiques des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj et de celle de Vallée des jardins sont mentionnés dans le tableau N°17 et le tableau N°18, respectivement.

Tableau 17. Résultats des analyses des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj

Paramètres	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Normes
pH	6.05	5.99	6.48	6,6 - 6,8
Densité	1.029	1.028	1.028	1,028 - 1,032
Extrait sec total %	8.53	8.81	9.5	8% - 10%
Acidité lactique (°D)	18	14	18	14°D - 18°D

Tableau 18. Résultats des analyses des prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins.

Paramètres	Echant 1	Echant 2	Echant 3	Normes
pH	6.08	6.03	6.14	6.6 - 6.8
Densité	1.030	1.032	1.028	1,028 - 1,032
Extrait sec total %	10.15	10.1	9.33	8% - 10%
Acidité lactique (°D)	18	20	20	14°D - 18°D

1.1. pH

Les valeurs du pH de l'ensemble des prélèvements du lait reconstitué pasteurisé provenant de la laiterie Belharmi Hadj sont comprises entre 5,99 et 6,48 avec une moyenne de 6,17. Cependant, pour les prélèvements provenant de la laiterie Vallée des jardins, Elles varient entre 6,03 et 6,14 avec une moyenne 6,08. Ces résultats sont inférieurs aux normes du JORA qui rapporte que le pH normal du lait varie entre 6.6 et 6.8. La surveillance de l'acidité est un moyen de surveiller l'état de fraîcheur d'un lait, en effet le lait ne contient pas d'acide lactique

mais au cours du temps, une partie du lactose qu'il contient se transforme en acide lactique ainsi l'acidité augmente quand le lait est moins frais. Selon **Alais (1984)** dans le cas où le pH est inférieur à 6,5 cela indique une acidification du lait. D'après Mathieu (1998), le pH évolue avec la composition du lait, une teneur élevée en substances acides : protéines, anions phosphates, citrate ou acides lactique s'accompagne d'un pH faible. Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux, en ions et de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (**Alais, 1984 ; Mathieu, 1998**).

1.2. Acidité

Les résultats de notre étude ont montré que la majorité des échantillons du lait reconstitué pasteurisé provenant de la laiterie Belharmi Hadj et tous les échantillons provenant de la laiterie Vallée des jardins ont présenté une acidité supérieure par rapport à la réglementation en vigueur ($>18^{\circ}\text{D}$). Cela pourrait être dû soit à une dégradation protéinique, soit à une activité microbienne de certains germes mésophiles du lait. L'acidification du lait reconstitué pourrait également être la conséquence de sa fabrication à partir de la poudre de lait acidifié dès le départ comme il a été déjà rapporté (**Kebir, 2015**).

En effet, l'acidité du lait est liée à sa richesse en matière sèche et elle est due à la dégradation protéique surtout les caséines, lactalbumine, ou les substances minérales tels que les phosphates, CO_2 , et l'acide organique le plus souvent l'acide citrique, ou enfin enzymatique causée par une activité microbienne des germes mésophiles contenus dans le lait (**Oueld Ali, 1995**).

1.3. Densité

Les résultats illustrés dans le tableau N°17 et le tableau N°18 montrent que les prélèvements analysés ont présenté une densité qui se situe entre 1,028 et 1,032, avec une moyenne de 1,03, et entre 1,028 et 1,029, avec une moyenne de 1,028, pour les prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins et Belharmi Hadj, respectivement. Les valeurs de la densité obtenues dans cette étude sont conformes à la réglementation en vigueur. Les résultats de cette étude sont similaires à ceux obtenus par **Ghaoues. (2010)** qui a rapporté des valeurs de densité variant entre 1,028 et 1,033. La densité d'un lait varie évidemment selon sa richesse en matière sèche, et est inversement proportionnelle au taux de matière grasse. Ainsi l'écémage du lait conduit à une élévation de sa densité (**Luquet, 1985**). **Vignola (2002)** a rapporté que

plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé de matière grasse plus sa densité augmente. En outre, la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, et les solides non gras ou (S.N.G), ont tous une densité supérieure à 1. Donc, la densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage.

1.4. Extrait sec total

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que les valeurs de l'extrait sec total des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj sont comprises entre 8, 53% et 9, 5% avec une moyenne 8, 94%. Ces résultats sont conformes aux normes AFNOR rapportant que les valeurs de référence de l'extrait sec total du lait sont comprises entre 8% et 10%. Cependant, pour les prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins les valeurs de l'extrait sec total varient entre 9, 33% et 10, 15% avec une moyenne de 9, 86%, considéré donc acceptable par rapport à la réglementation en vigueur. La totalité des échantillons analysés dans cette étude reflètent donc des valeurs acceptables vis-à-vis de la teneur en extrait sec et qui sont au delà de 8%, tels que sont stipulées par la réglementation. L'extrait sec n'est que la matière sèche du lait reconstitué. La diminution de la teneur en matière sèche totale est due notamment à une réduction de la poudre de lait, lors de la reconstitution du lait, ce qui pourrait influencer sur la qualité ainsi que sur le goût de ce lait.

2. Analyses microbiologique de lait reconstitué pasteurisé

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées dans le laboratoire vétérinaire régional de Mostaganem sur les prélèvements du lait reconstitué pasteurisé provenant de la laiterie Belharmi Hadj et de celle de Vallée des jardins sont représentés dans le tableau N°19 et le tableau N°20, respectivement.

Tableau 19. Resultats des analyses microbiologiques effectuées sur des prélèvements du lait provenant de la laiterie Belharmi Hadj.

Germes	Prélèv 1	Prélèv 2	Prélèv 3	Normes
Germes aérobie à 30 ⁰ C (UFC/ml)	1800	1500	1200	10 ⁵ UFC
Entérobacteriaceae (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	10 ¹ UFC
Salmonella (UFC/25ml)	Abs	Abs	Abs	Abs

Tableau 20. Resultats des analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements du lait provenant de la laiterie Vallée des jardins.

Germes	Prélèv 1	Prélèv 2	Prélèv 3	Normes
Germes aérobie à 30°C (UFC/ml)	1100	1300	1200	10 ⁵ UFC
Entérobacteriaceae (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	10 ¹ UFC
Salmonella (UFC/25ml)	Abs	Abs	Abs	Abs

Le dénombrement de la flore aérobie à 30°C reflète la qualité microbienne générale d'un produit naturel. Les résultats des analyses effectuées ont montré la présence de germes mésophiles aérobies totaux à 30°C dans tous les échantillons provenant des deux laiteries tels sont figurés dans les tableaux N°19 et N°20. Cependant, selon les normes nationales rapportées dans le JORA (**JORA, 1998**), les valeurs enregistrées dans cette étude ne dépassent pas les limites légales de contamination par la flore mésophile aérobie totale (FMAT), qui est de l'ordre de 10⁵UFC/ml.

Les résultats de la recherche des entérobactéries (y compris les salmonelles) dans les échantillons du lait reconstitué pasteurisé provenant des deux laiteries ont montré l'absence totale de ces germes, témoignant d'une bonne qualité hygiénique des prélèvements analysés. Nos résultats se concordent avec ceux rapporté par **Kebir (2015)** qui n'ont trouvé aucun germe pathogène ou d'altération dans les 35 prélèvements de lait reconstitué pasteurisé analysés, par contre tous les prélèvements analysés ont présenté la présence des germes totaux mésophiles avec un faible dénombrement.

Nos résultats indiquent que l'opération de transformation du lait en poudre en lait reconstitué pasteurisé se faisait dans des conditions réglementaires où la pasteurisation était bien respectée du point de vu temps et température. L'objectif de la pasteurisation est la destruction de tous les microorganismes contenus dans le lait. Les résultats des travaux de recherche réalisés par **Amariglio (1986)**, ont confirmé que la flore banale végétative peut se détruire pendant moins de 30 minutes à 62-65°C. Selon **Veisseyer (1975)**, la pasteurisation du lait assure la destruction, par l'emploi convenable de la chaleur, de presque la totalité de sa flore banale et la totalité de sa flore pathogène quand elle existe tout en s'efforçant de ne toucher qu'au minimum à la structure physique du lait, à ses équilibres chimiques, ainsi qu'a ses éléments biochimiques: les diastases et les

vitamines. **Webb et Bell, (1942)** ont rapporté que si les germes de pollution ne sont pas essentiellement des sporulés ou simplement des thermorésistants, la flore du lait pasteurisé s'abaisse rapidement ; un chauffage à 80-85°C pendant une vingtaine de secondes, suffit à ramener le nombre de germes au dessous des limites légales. L'absence des entérobactéries dans le produit fini pourrait également être due à l'utilisation d'une poudre de lait exempt de ces germes comme il a été suggéré précédemment (**Kebir, 2015**).

Une charge microbienne nettement inférieure aux normes peut également s'expliquer par le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation du lait, ce qui n'entraîne pas de sa recontamination après l'étape de la pasteurisation. Le matériel utilisé pour les diverses manipulations laitières représente également un risque de recontamination de fait de son contact régulier avec le produit fini, ce risque devient plus élevé lorsque ce matériel est mal ou insuffisamment nettoyé et désinfecté (présence de biofilms, qui sont susceptibles d'abriter des microorganismes) (**Bonfoth et al, 2003**).

Conclusion & Recommendations

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que tous les échantillons analysés ne présentent aucun changement physicochimique sur la densité et l'extrait sec total n'a été relevé ; par contre, tous les prélèvements analysés ont montré des valeurs de pH inférieurs à 6,5 et la majorité entre eux ont enregistré une acidité supérieure ou égale à 18°D ; cette augmentation d'acidité prouve qu'il s'agissait probablement d'une dégradation enzymatique causée par l'activité microbienne des germes mésophiles contenant dans le lait, ou dégradation protéinique ou même dégradation du lactose en acide lactique.

Nos résultats ont également démontré l'absence totale des entérobactéries y compris les salmonelles ; par contre, ils ont montré la présence des germes aérobies mésophiles totaux à 30°C dans tous les échantillons testés avec un faible dénombrement qui varie entre 1100 et 1800 UFC/ml, ce qui témoigne que l'opération de transformation du lait en poudre en lait reconstitué pasteurisé se faisait dans des conditions réglementaires où la pasteurisation était bien respectée du point de vu temps et température.

Devant ces résultats nous pouvons confirmer que la qualité du lait reconstitué pasteurisé fabriqué au niveau des deux laiteries étudiées n'était pas conforme vis-à-vis les normes édictées dans la réglementation en vigueur, en ce qui concerne l'acidité et le pH. Cependant il ne présente aucun risque vital pour le consommateur.

Au terme de ce travail, nous recommandons d'analyser systématiquement le lait reconstitué pasteurisé avant sa mise en commercialisation afin de garantir au consommateur un produit sain et d'une qualité satisfaisante.

2. Recommandations

A la lumière des résultats obtenus, des recommandations sont à formuler afin de prévenir toute contamination microbienne et d'éviter tout changement pouvant affecter la qualité physicochimique du produit fini. Il est recommandé de contrôler en permanence l'état hygiénique du sol ainsi que le mouvement des transpalettes, les chariots élévateurs et d'autres véhicules de ce type entre les zones de manipulations du lait, de lavage des caisses et de déchargements et ateliers de traitement et emballage. Chaque laiterie doit passer en revue les équipements utilisés pour la pasteurisation afin de déterminer s'ils sont capables de satisfaire en permanence aux exigences de base de la pasteurisation, comme il est recommandé de respecter le barème de pasteurisation fixé par la réglementation. Il est également nécessaire de mettre en place un système de surveillance, de contrôle, de traçabilité et d'audit selon les principes du HACCP dans l'industrie laitière avec identification des différents dangers qui pourraient générer et par conséquent déranger la santé publique. Une autre voie serait celle de la sensibilisation des personnels sur les problèmes de contamination à l'intérieur de la laiterie, ainsi qu'au dangers que représente l'introduction sur le lieu de travail d'agents pathogènes provenant de l'extérieur, ou de zones comme la salle des machines ou de poudrage ou de conditionnement. On ignore trop souvent que les vêtements, les bottes et tous les outils facilitent la propagation des microorganismes. Il est par conséquent essentiel que tous les employés et les ouvriers de la laiterie soient, d'une part informés des règles de l'hygiène et avant tout de l'importance de la propreté personnelle (corporelle) par des avis affichés, d'autres part placés dans des conditions matérielles permettant la mise en pratique de ces règles. Il est vivement recommandé de renforcer les procédures de nettoyage et de désinfection des surfaces en enregistrant systématiquement les opérations effectuées et d'assurer le suivi de ces relevés pour garantir leur conformité avec les procédures.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adrian J., Potus J. et Frangne R.** La science alimentaire de A à Z. Techniques et documentation, Lavoisier. Paris, **1995**.
- AFNOR.** Gérer et assurer la qualité. 6^{ème} éd.: qualité des organisations. Recueil des normes françaises, Paris: AFNOR, **1996**, p703.
- Aggad H., Mahouz F., Ahmed Ammar Y., Kihal. M.** Revue Méd. Vét , **2009**, p12.519.
- Alais C,** Science du lait. Sepaic, Pairs. **1984**.
- Alais C, Linden G et MicloL.** Biochimie alimentaire, Dunod 6^{ème} édition. Paris, **2008**.
- Amariglio S,** Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques. AFNOR. ITSV. 3^{ème} Edition. **1986**.
- Amiot J., Foutier S., Lebeuf Y., et Simpson R.** Composition, propriétés physicochimique, valeur nutritive, qualité technologiques d'analyse du lait chapitre 1, **2002**.
- Andrews W.H.** International three validation programs for methods used in the microbiological analysis of foods. Trend in Food Sci. Technol. **1996**. p147-151.
- Badis A., Laouabdia-Sellami N., Guetarni, D., Kihal, M., Ouzrout, R.** Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales «Arabia et Kabyle», **2005**, p30-37.
- Bencharif A., Chaulet C., Chehat F., Kaci M., Sahli Z.** La Filière blé en Algérie. Paris: édition Karthala. **1996**.
- Ben Mahdi MH et Ouslimani S.** Mise en évidence de résidus d'antibiotiques dans le lait de vache produit dans l'algérois. European Journal of Scientific Research vol.36 n°3. **2009**, p 357-362.
- Beroza M et Bowman MC.** Correlation of pesticide polarities with efficiency of milk extraction procedures. J. Assos. Agric. Chem. **1996**, p7-12 .
- Blanc.** Les protéines du lait a activité enzymatiques et hormonale, 1^{ère} édition, **1982**, volume 62, p95.

- Bonfoth B.** Effect of washing and disinfecting containers on the microbiological quality of fresh milk sold in Bamako (Mali). **2003**.
- Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G., Verne-Bourdais E.** Recherche et identification des microorganismes responsables de toxi-infections alimentaires, In: Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Editon Scérén, Paris, **2002**, p153-187.
- Bosset JO., Desarzens C., Blanc B.** La photodégradation du lait et de quelques produits laitiers. Partie II: Influence de certains facteurs chimiques et chimico-physiques sur l'altération de la seule couleur. *Lebensm Wiss Teehnol* 17,**1983**, p248-253.
- Boudier JF et Luquet FM.** Utilisation du lactosérum en alimentation humaine et animale, Synthèse, Alais C. Science du lait : principes des techniques laitières, 4^{ème} édition, Paris, **1981**, p814 .
- Boutonnier.** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. **2008**, p 15.
- Brule G.** Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA. Paris.**1987**, p132.
- Broutin C., Duteurtre G., Dia D.** La filière lait et produits laitiers, Projet d'ouvrage « Etat des filières agricoles au Sénégal », coordonné par l'ISRABAME (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – Bureau d'Analyses Macro-économiques, **2005**, p144-157.
- Bourgeois et Leveau.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires, Band 3 Collection Sciences et techniques agro-alimentaires Technique & documentation, **1980**.
- Cayot P et Lorient D.** Structures et techno-fonctions des protéines du lait. Arilait. Recherche, Lavoisier, paris, **1998**.
- Charron G.** La production laitière. les bases de la production. Lavoisier TEC et DOC, **1986**, Volume I, p347.
- Cheftel.** Introduction à la biochimie, à la technologie des aliments. Edition : Lavoisier, Paris. **1996**, Vol 1, p: 43.
- Cuq JL.** Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. **2007**, p20-25.

Références bibliographiques

- Derby.** Lait, nutrition et santé, Valeur nutritive du lait stérilisé (effet de la stérilisation thermique sur la valeur nutritive du lait de vache). Etudes Agricoles de la F.A. Ed: Tec et doc, Lavoisier, Paris, **2002**.
- El Atyqy M.** Réactions d'altération chimique des aliments. Edition Sciences et techniques des aliments, **2010**.
- FAO.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO, **1995**.
- FAO.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5: laits fermentés. Collection FAO / Alimentation et Nutrition, **2002**, p28,7.
- Fernane H., Tirtouil A., Benbarek H., Benchohra M.** Assessing compositional and sanitary quality of pasteurized milk marketed in Tiaret District, Algeria. Global Veterinaria. **2016**, p 544-549.
- Fredo E.** Connaissance des Aliments, Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec & Doc, Lavoisier. **2005**, p25-424.
- Franworth E, et Mainville I.** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe **2010**.
<http://www.dos.transf.edwa.pdf>. Citer par: GHAOUES Souheila, **2011**. Thèse de Magister: Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien.
- Gaucher I.** Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits, de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, thèse INRA / Agro campus Sci. Tech. Lait et œuf. Agrocampus Rennes, **2008**.
- Ghaoues S.** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien, Mémoire de Magister, **2010**.
- Goursaud,** Composition et propriétés physico-chimiques. Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris, **1985**.
- Guiraud J, Galzy P.** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Collections génie alimentaire Ed l'usine. **1980**.

- Guy FI.** Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central. Thèse de doctorat d'état, université Paul-Sabatier de Toulouse, France, **2006**, p17.
- Hanzen.** Pathologie de la glande mammaire de la vache laitière: Aspects individuels et d'élevage. 4ème Edition Université de Liège, **1999**, p235.
- Jacquet J.** Les antibiotiques dans le lait et les produits laitiers. Econ, méd, anim. **1969**, p10, 13-17.
- Jakob, Winkler, Schaeren, Amrein, et Geinoz.** La qualité du lait cru un défi permanent. Edition Agroscope Liebefeld-Posieux. Forum N°78, **2011**, p5- 17.
- Jay JM.** Taxonomy, role, and significance of microorganisms in food. Dans Modern Food Microbiology, Aspen Publishers, Gaithersburg MD, **2000**, p13.
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G.** Les produits laitiers ,2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier, **2008**, p1-17.
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G.** Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier.**2008**, p 17.
- J.O.R.A.** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation, N° J.O.R.A, **1996**.
- Kaci M et Sassi Y.** Industrie laitière et des corps gras, Recueil des fiches sous sectorielles. EDPme. **2007**. p 44.
- Kebir A.** Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives), Thèse de Doctorat. **2015**.
- Larpent J.** Microbiologie alimentaire. Tec & doc, Lavoisier. Paris , **1997**, p10-72.
- Lenoir.** Les caséines du lait. RLF, **1985**, p 17-23.
- Leyral G et Vierling.** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires. 4^{ème} édition Biosciences et techniques. **2007**,p87.

Références bibliographiques

- Luque.** Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre. 3 volumes, Paris, Technique et documentation, Lavoisier, **1985**, p150.
- Luquet F.M.** Résidus de pesticides organochlorés dans le lait et les produits laitiers. Bilan 1969-70-71 Rev. Lait.Fr. **1972**, 403-413.
- Madji .** Séminaire sur les fromages. AOP ET IGP.INAT. Tunisie, **2009**.
- Mahieu., LE Jaouen, J.C.,Luquet M.F et Mouillet L.** Etude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces laitières bovines, ovins et caprines. Lait, **1997**, p568, 561-571
- Mathieu J.** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, **1989**, p 3-190.
- Meyer, C., et DENIS, J.P.** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux, **1999**.
- Michell M.** Détection des résidus d'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, **2005**.
- Morel I.** Enquêtes sur la présence d'antibiotiques dans le lait de trois zones de production, Lait, **1962**, p593-601.
- Neville M.C et Jensen R.G .**The physical properties of human and bovine milks In JENSEN R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc,**1995**, p 82.
- Ould Ali, O.** Evaluation de la qualité physicochimique et microbiologique du lait pasteurisé partiellement écrémé fabriqué par l'OROLAIT - Unité « El Emir ». TIZI-MASCARA. Institut des sciences agronomiques - Département Technologie agro-alimentaire. Centre Universitaire de Mascara. **1995**.
- Pougheon.** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse de doctorat spécialité vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, **2001**, p102.
- Pougheon et Goursaud.** Le lait et ses constituants caractéristiques physicochimiques, In : DEBRY, G. Lait, nutrition et santé, Tec & Doc, Paris, **2001**, p 342.

Références bibliographiques

- Pointurier H.** La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France, **2003**, p64.
- Prescott H., Klein W., Sherwood W.** Microbiologie 3^{ème} édition. Paris : Boeck université, (chapitre 36 : l'épidémiologie des maladies infectieuses). **2010**, p908
- Ribadeau-Dumas et Grappin.** Milk protein analyses Lait, **1989**, p416.
- Rheotest.** Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST LK. Produits alimentaires et aromatisants, **2010**.
- Salminen S., WRIGHT AV., et OUWEHAND A.** Lactic acid bacteria microbiological and functional aspects. Edited by Marcel Dekker. **2004**.
- Thieulin et Vuillaume.** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris, **1967**, p 71- 73.
- Vanier P.** Le lait au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Ecologie et environnement, **2005**, p 65.
- Veisseyre R,** Technologie du lait 3^{ème} édition, la maison rustique. Paris. **1975**.
- Vierling E.** Aliments et boissons filières et produits. 3^{ème} édition Biosciences et techniques. Paris, **2008**, p15-16.
- Vignola.** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. **2002**, p3-600.