



## *Remerciements*

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour faire ce travail et Hommages respectueux aux membres de jury monsieur le président : Dr. HANNI Mustapha, Dr SAIDI Abdelmoumene d'avoir examiné ce travail Dr CHALANE Fatiha mon promoteur, pour sa patience, sa disponibilité et ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion et a tous les gens qui m'ont aidé et qui ont participé à l'élaboration de mon travail.

## ***Dédicaces***

*A mes parents que dieu tout-puissant les protège, mes Frères et mes Sœurs, a tous mes Amis et a tous chers collègues de travail.*

# Sommaire

## Introduction générale

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Introduction générale ..... | 1 |
|-----------------------------|---|

## Synthèse bibliographique

### Chapitre I Généralité sur le lait

|  |    |
|--|----|
| 1. Définition du lait.....                         | 2  |
| 2. Propriétés physico-chimiques du lait .....      | 2  |
| 3. Composition du lait.....                        | 2  |
| 3.1. Composition interspécifique .....             | 2  |
| 3.2. Composition moyenne du lait bovin .....       | 3  |
| 3.2.1. L'eau.....                                  | 3  |
| 3.2.2. Glucides .....                              | 3  |
| 3.2.3. Matières grasses.....                       | 6  |
| 3.2.4. Les protéines.....                          | 9  |
| 3.2.5. Eléments minéraux .....                     | 15 |
| 3.2.6. Vitamines.....                              | 16 |
| 3.2.7. Enzymes.....                                | 17 |
| 1. Micro-organismes du lait.....                   | 20 |
| 2. Flore utile ou d'intérêt technologique .....    | 20 |
| 2.1. Flore lactique .....                          | 20 |
| 2.2. Taxonomie et caractérisations générales ..... | 21 |
| 2.2.1. Leuconostocs .....                          | 21 |
| 2.2.2. Lactocoques.....                            | 22 |
| 2.2.3. Entérocoques .....                          | 24 |
| 2.2.4. Lactobacilles .....                         | 26 |
| 2.2.5. Streptocoques.....                          | 29 |
| 2.2.6. Pediocoques .....                           | 29 |
| 2.3. Microflore d'affinage .....                   | 29 |
| 2.3.1. Corynébactérie .....                        | 29 |
| 2.3.2. Levures et moisissures .....                | 30 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. Microflore indésirable ou pathogène.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3.1. Coliformes.....</b>                          | <b>32</b> |
| <b>3.2. Pseudomonas.....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>3.3. Staphylocoques à coagulase positive.....</b> | <b>33</b> |
| <b>3.4. Clostridies.....</b>                         | <b>34</b> |
| <b>1. Introduction :.....</b>                        | <b>35</b> |
| <b>2. Présentation du groupe GIPLAIT/SPA :.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3. Matériel et méthode :.....</b>                 | <b>36</b> |
| <b>1. Résultats et discussion :.....</b>             | <b>37</b> |
| <b>1.1. Discussion des résultats en 2016 :.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>1.2. Discussion des résultats en 2017 :.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>1.3. Discussion des résultats en 2018 :.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>1.4. Discussion des résultats en 2019 :.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>1.5. Discussion des résultats en 2020 :.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>Conclusion :.....</b>                             | <b>44</b> |

# Liste des abréviations

**%** : pourcentage

**°C** : degré Celsius

**°D** : Degré Dornic

**µm** : micromètre

**CMP** : caséinomacropéptide

**Da**: dalton

**g**: gramme

**Ig**: immunoglobulines

**kDa**: kilo dalton

**Kg** : kilogramme

**L** : litre

**LPC** : lait reconstitué pasteurisé

**mg** : milligramme

**ml** : millilitre

**MS** : Matière sèche

**pH** : potentiel hydrogène

**pHi** : potentiel hydrogène isoélectrique

**TP** : taux protéique

**ufc** : unité formatrice de colonie

**UI** : unité international

**µg** : micro gramme

# Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 01</b> : Composition moyenne du lait de différentes espèces   | 03 |
| <b>Tableau 02</b> : Composition moyenne du lait de vache   | 05 |
| <b>Tableau 03</b> : Proportion des acides gras du lait   | 08 |
| <b>Tableau 04</b> : Protéines du lait  | 10 |
| <b>Tableau 05</b> : Teneurs en minéraux et en vitamines du lait bovin  | 17 |
| <b>Tableau 06</b> : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de leuconostocs  | 22 |
| <b>Tableau 07</b> : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de lactocoques   | 24 |
| <b>Tableau 08</b> : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces d'entérocoques   | 26 |
| <b>Tableau 09</b> : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de lactobacilles | 28 |
| <b>Tableau 10</b> : La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2016              | 37 |
| <b>Tableau 11</b> : La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2017              | 38 |
| <b>Tableau 12</b> : La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2018              | 40 |
| <b>Tableau 13</b> : La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2019              | 41 |
| <b>Tableau 14</b> : La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2020              | 42 |

# Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 01</b> : Structure primaire du lactose   | 04 |
| <b>Figure 02</b> : plan de méthodologie de travail   | 36 |
| <b>Figure 03</b> : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2016 | 37 |
| <b>Figure 04</b> : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2017 | 39 |
| <b>Figure 05</b> : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2018 | 40 |
| <b>Figure 06</b> : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2019 | 41 |
| <b>Figure 07</b> : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2020 | 43 |



# Résumé

Le lait constitue l'un des principaux produits de base de notre régime alimentaire journalier et convient à toutes les tranches d'âge, et représente la plus grande source de protéines animales consommée.

Le lait est un aliment riche en protéines de haut valeur biologique, des sucres des macros et des oligo-éléments, surtout le calcium, l'eau ; il renferme également des vitamines, en raison de cette richesse le lait est considéré comme un milieu idéal pour la croissance des microorganismes.

L'Algérie est classée parmi les plus grands consommateurs de lait au monde et le premier consommateur de lait au Maghreb avec environ 130 litres de lait par personne et par an.

L'objectif de notre travail est de faire une étude statistique durant les derniers cinq années sur l'évaluation de la consommation du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé dans la région de Saida, les résultats obtenus montre que la consommation du lait reconstitué pasteurisé est très élevé par rapport au lait de vache pasteurisé.

**Mots clé :** lait, consommation, région de Saida, lait de vache pasteurisé, lait reconstitué pasteurisé.

## ملخص

يعتبر الحليب من العناصر الغذائية الأساسية في نظامنا الغذائي اليومي ومناسب لجميع الفئات العمرية، وهو أكبر مصدر للبروتين الحيواني المستهلك.

الحليب غذاء غني بالبروتينات ذات القيمة البيولوجية العالية والسكريات الكبيرة والعناصر الدقيقة، وخاصة الكالسيوم والماء؛ كما أنه يحتوي على فيتامينات، وبسبب هذا الثراء يعتبر الحليب وسيطاً مثالياً لنمو الكائنات الحية الدقيقة تُصنف الجزائر من بين أكبر مستهلكي الحليب في العالم والمستهلك الأول للحليب في المغرب العربي بحوالي 130 لتراً من الحليب للفرد سنوياً.

الهدف من عملنا هو إجراء دراسة إحصائية خلال السنوات الخمس الماضية حول تقييم استهلاك حليب البقر المبستر والحليب المبستر المعاد تكوينه في منطقة سعيدة، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن استهلاك الحليب المعاد تكوينه مرتفع للغاية مقارنة بحليب البقر المبستر.

**الكلمات المفتاحية:** الحليب، الاستهلاك، منطقة سعيدة، حليب البقر المبستر، الحليب المبستر المعاد تكوينه.

# Abstract

Milk is one of the main staples of our daily diet and is suitable for all age groups, and is the largest source of animal protein consumed.

Milk is a food rich in proteins of high biological value, macros sugars and trace elements, especially calcium, water; it also contains vitamins, because of this richness, milk is considered an ideal medium for the growth of microorganisms.

Algeria is ranked among the largest consumers of milk in the world and the leading consumer of milk in the Maghreb with around 130 liters of milk per person per year.

The objective of our work is to carry out a statistical study during the last five years on the evaluation of the consumption of pasteurized cow's milk and pasteurized reconstituted milk in the region of Saida, the results obtained show that the consumption of reconstituted milk pasteurized is very high compared to pasteurized cow's milk.

**Keywords:** milk, consumption, Saida region, pasteurized cow's milk, pasteurized reconstituted milk.

# **Introduction Générale**

# Introduction Générale

---

Le lait est un aliment de base pour de nombreux mammifères. Sa composition est captivante pour ces propriétés nutritionnelles et sa capacité de transformation en produits dérivés **(Bencini 2002, Yabrir 2013)**.

L'Algérie est classée parmi les plus grands consommateurs de lait au monde et le premier consommateur de lait au Maghreb avec environ 130 litres de lait par personne et par an **(AMEL DRIS, 2017)**.

La forte consommation de lait et des produits laitiers chez l'Algérien est attribuée par la croissance démographique estimée à 1,6% par an, et à l'amélioration du pouvoir d'achat **(Kacimi El Hassani, 2013)**.

S'il y a un domaine où le contrôle de la qualité est une nécessité fondamentale, c'est bien celui des denrées alimentaires en générale et du lait en particulier. D'une part de la place importante qu'il occupe dans la consommation humaine, en particulier dans la société algérienne, et d'autre part sa composition riche en différents composés chimiques qui lui confèrent d'être un produit périssable et d'être un milieu favorable de prolifération de différents germes y compris les germes pathogènes. Le lait peut présenter un risque sur la santé du consommateur qui est le premier objet mis en considération lors de la production de n'importe quel produit **(El- hadi et al., 2015)**.

Les laits commercialisés (pasteurisé et stérilisé U.H.T. (Ultra Haute température)) deviennent parfois impropres à la consommation à cause des altérations, sous l'effet de plusieurs facteurs telle que la température de stockage qui peut réduire la valeur nutritionnelle, et ainsi influencer la qualité microbiologique et physicochimique du produit **(El- hadi et al., 2015)**.

Afin de développer et de lancer la production nationale laitière, une importance considérable a été donnée à la production bovine dans les plans de développement agricole lancés par l'état qui se sont traduits le plus souvent par l'importation de vaches laitières de hautes performances laitières. L'élevage bovin en Algérie est concentré pour la majorité dans le nord du pays, où l'effectif total présente 80% **(Nedjraoui, 2001 dans Mansour 2015)**.

Dans cette étude nous sommes intéressées à une enquête statistique sur l'évaluation de la consommation du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé durant les derniers cinq années dans la région de Saida.

# **Synthèse Bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Généralité sur le lait**

## 1. Définition du lait

Le lait est un liquide blanc aqueux opaque, d'une saveur douceâtre et d'un pH légèrement acide (6.6 à 6.8) sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune (**Sandra, 2001**).

Le lait a été défini au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève en 1908 comme le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (**Debry, 2006**).

## 2. Propriétés physico-chimiques du lait

Les propriétés physico-chimiques du lait dépendent de l'ensemble des constituants du lait.

Selon **Vignola (2010)** les principales propriétés du lait sont les suivants :

- La densité varie entre 1,028 et 1,035 à 15°C.
- L'acidité de 15 à 17°D
- Le point d'ébullition à 100.5°C.
- Le point de congélation de -0,530°C à -0,575°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C est soupçonné par l'addition de l'eau (**Yennek, 2010**).
- pH de 6,6 à 6,8.

## 3. Composition du lait

### 3.1. Composition interspécifique

Les laits de mammifères ne sont pas identiques. Les laits des ruminants ont une valeur élevée en protéines et se distinguent aussi par une proportion importante d'acides gras à courte chaîne. Les laits de vache et de chèvre ont les compositions en lipides, protéines et lactose les mieux réparties. Le lait de femme est moins riche en protéines que les laits de vache, brebis, chèvre et chamelle (**Cayot et Lorient, 1998**).

Le tableau 1 résume la composition moyenne des laits de différentes espèces de mammifères.

**Tableau 01** : Composition moyenne du lait de différentes espèces (d'après Pereira 2014, Fayolle, 2015).

|                                 | vache   | brebis  | chèvre  | femme   |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Matière grasses (g/kg)</b>   | 36 à 37 | 73 à 79 | 32 à 38 | 38 à 40 |
| <b>Protéine (g/kg)</b>          | 32 à 34 | 55 à 62 | 29 à 34 | 10 à 12 |
| <b>Lactose (g/kg)</b>           | 46 à 48 | 44 à 49 | 41 à 43 | 60 à 70 |
| <b>Matière minérales (g/kg)</b> | 7       | 8       | 9       | 2       |

### 3.2. Composition moyenne du lait bovin

Le lait est un liquide aqueux de composition équilibrée en lipides, glucides, protéines, sels et en vitamines (Tableau 02).

#### 3.2.1. L'eau

L'eau est le principal constituant du lait où les constituants sont dispersés (Mathieu, 1998).

Elle est de deux formes : l'eau extra micellaire 90% de l'eau totale ; renferme la totalité des constituants solubles, et l'eau intra micellaire 10% de l'eau totale ; une partie de cette eau est liée avec les caséines et l'autre partie joue le rôle de solvant (Mahaut *et al.*, 2003).

#### 3.2.2. Glucides

Les glucides représentent le deuxième constituant après l'eau dans le lait avec une teneur de 38% de la matière sèche (Perreau, 2014). Le lactose est le glucide prédominant du lait (47 à 52 g/l), il est le constituant le plus stable du lait (Roca-Fernandez, 2014), il intervient dans la fermentation du lait et est éliminé en grande partie dans le lactosérum. Le lait peut contenir d'autres glucides comme le glucose et le galactose, mais à des faibles quantités (Amiot *et al.*, 2002).

Les glucides du lait sont de deux types : (Walstra, 1978)

- des glucides libres (les oligoholosides) ;
- des glucides combinés en glycoprotéines.

Selon la polarité électrique, on peut distinguer :



- les glucides neutres : lactose, glucose, galactose ;
- les glucides azotés : glucosamine N-acétylée et galactosamine N-acétylée ;
- les glucides acides liés aux glucides neutres ou azotés : acide sialique. (Sandra, 2001).

Le lactose est spécifique du lait, sa teneur est variable selon l'espèce ; le lait de vache a une concentration de 49 g/l alors que le lait de femme contient une moyenne de 56 à 68 g/l de lactose (Fusch *et al.*, 2011).

### 3.2.2.1. Présentation biochimique

Le lactose est un diholoside constitué d'une molécule de D-galactose et d'une molécule de D-glucose relié avec une liaison de type  $\beta$ -1,4 (Jensen, 1995) comme illustrés dans la figure 1.

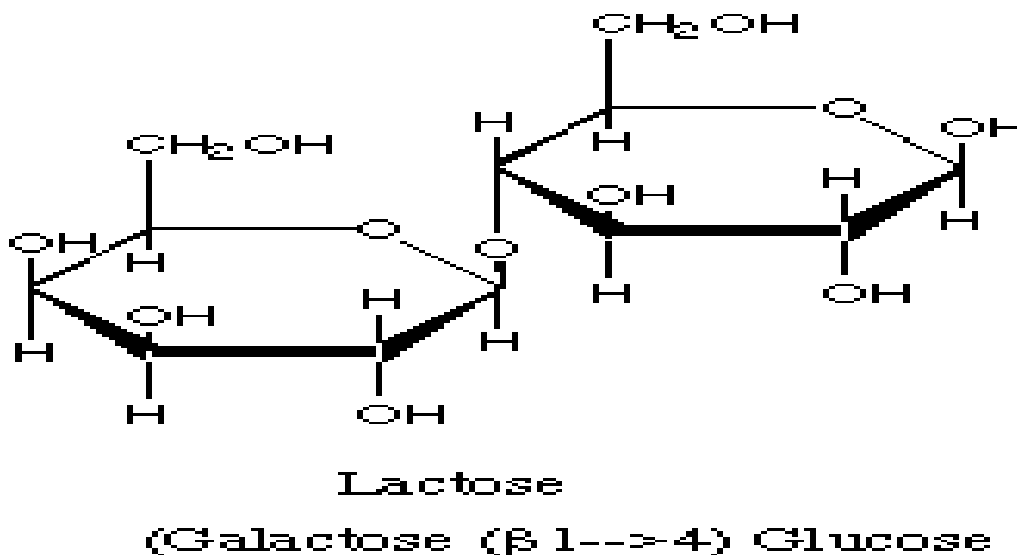


Figure 01 : Structure primaire du lactose (Voet et Voet, 2005 dans Fayolle, 2015)

### 3.2.2.2. Rôle et utilisation du lactose

Le lactose joue un rôle important dans le développement des tissus nerveux des jeunes organismes, car il constitue une source essentielle en galactose nécessaire pour leur développement (Perreau, 2014). Le lactose est un substrat fermentescible et une source d'énergie pour certains microorganismes comme les bactéries lactiques qui le transforment en

acide lactique, cette transformation est utilisée pour la production des laits fermentés (Alais, 1984).

Les industries de fermentation utilisent des microorganismes possédant un pouvoir lactasique et qui utilise le lactose comme substrat carboné dans la production de biomasse. (INRA, 1987).

**Tableau 02 :** Composition moyenne du lait de vache (Fayolle, 2015).

| Eau 900 à 910 g/l                            |  |  |                       |                             |  |
|--|--|--|-----------------------|-----------------------------|--|
| <b>Matières sèches (MS)</b><br>125 à 135 g/l | Matière grasse<br>38 à 44 g/l  | Glycérides 35 à 40 g/l   |                       |                             |  |
|  |  | Phospholipides 0,1 à 0,3 g/l                                   |                       |                             |  |
|  |  | Stérides 0,1 à 0,2 g/l   |                       |                             |  |
|  | Lactose 47 à 52 g/l (38% MS)   |  |                       |                             |  |
|  | Matière azotée totale 29 à 38 g/l                                    | Matières protéiques (95% Matières azotées totales) 28 à 36 g/l | Protéines 32 à 34 g/l | Caséines 27 à 30 g/l        |  |
|  |  |  |                       | Albumines 2 à 3 g/l         |  |
|  |  |  |                       | Globulines 3 à 5 g/l        |  |
|  |  |  |                       | Acides aminés 0,5 à 1,5 g/l |  |
|  | Matières azotées non protéiques (5% Matière azotée totale) 1 à 2 g/l |  | Urée 200 à 300 mg/l   |                             |  |
|  | Matière minérale 7 à 8 g/l   |  |                       |                             |  |
| Vitamines                                    |  |  |                       |                             |  |

### 3.2.3. Matières grasses

La teneur en matières grasses du lait est la quantité de substances dans un litre ou kilo de lait séparée des autres constituants par une méthode reconnue pour le paiement différentiel du lait. (Sandra, 2001)

La matière grasse est sous forme de globule gras qui se trouve en émulsion dans la phase aqueuse du lait (Pointurier *et al.*, 1969). Le diamètre des globules gras est variable de 0,1 à 15µm (Roca-Fernandez, 2014). Il diffère d'une race à une autre. Le diamètre du globule est variable selon certains facteurs ; il diminue au cours de la lactation, mais son nombre augmente (Ennuyer et Laumonnier, 2013). Une émulsion reposée peut se séparer en deux phases ; il y a une remontée des globules qui est un phénomène réversible (le phénomène du crémage). Dans le lait de vache, la remontée de la crème est plus rapide que dans celui de la chèvre, ceci est dû à la présence de globulines qui favorisent l'agglutination des globules gras entre eux. (Sandra, 2001)

#### 3.2.3.1. Composition du globule gras

Le globule gras possède une structure hétérogène, on trouve successivement :

- une zone de glycérides avec un point de fusion plus bas ;
- une zone de glycérides avec un point de fusion plus haut ;
- la membrane du globule gras qui a des propriétés importantes ;

##### 3.2.3.1.1. Membrane du globule gras

La membrane du globule gras enveloppe la goutte lipidique. Elle confère au globule gras le caractère hydrophile chargé négativement et assure une émulsion stable. (Jensen *et al.*, 1995).

Elle est constituée essentiellement par (Keenan *et al.*, 1995):

- lipides : triglycérides (62%), phospholipides, acides gras libres, stérols, hydrocarbures (1%)
- hexosamines, acides sialiques, hexoses ;
- protéines (0,3 à 0.4 g/l : butyrophiline glycolysée, les mucines ;
- enzymes : hydrolases surtout ;

- vitamines A, D, E, K.

La matière grasse du lait bovin est comprise entre 33 à 47 g/l, elle est constituée essentiellement de 80% à 98% de triglycérides, et secondairement de phospholipides environ 0,6 à 1,1%, et des quantités variables en diglycérides 0,36%, mono glycérides 0,027%, cholestérol 0,31 à 0,46%, ester de cholestérol, des traces de vitamines liposolubles (A, D, E, K) et des acides gras libres (**Ennuyer et Laumonier, 2013**).

Certains auteurs (**Sandra 2001, Florence 2010**) divisent la composition lipidique du lait en deux groupes ;

- les lipides simples (les glycérides)
- les lipides complexes (les phospholipides)

### 3.2.3.1.2. Lipides simples

Sont constitués essentiellement par des glycérides (98% de la matière grasse), eux constitués par des triglycérides (plus de 98%), diglycérides (0,2 à 1,5%) et des monoglycérides.

Les triglycérides sont des esters du glycérol, formés par la condensation de trois acides gras sur la molécule de glycérol (**Mahaut et al., 2003**). Environ 400 acides gras ont été identifiés dans le lait bovin, seulement 15 d'entre eux sont présents en quantité supérieure de 1 % des lipides totaux, les autres sous forme de trace.

Les acides gras du lait sont très variés, on distingue ;

- les acides gras à courte chaîne (C4 à C12) (C4 : 3%, C6 : 2,5%, C8 : 1%) ;
- les acides gras à moyenne chaîne (C14 à C16) (C8 : 1%, C10 : 3%, C12 : 3%, C14 : 12%) ;
- les acides gras à longue chaîne (C18 à C20) (C18 : 40 à 45%) ;

La moitié des acides gras du lait est dominé par les acides gras saturés à nombre pair, 34% des triglycérides contiennent uniquement des acides gras saturés, 39% d'entre eux contiennent un seul acide gras insaturé, 25% contiennent deux acides gras insaturés et seulement 2% contiennent trois acides gras insaturés. (**Florence, 2010**).

Le lait de vache est caractérisé par la présence des acides gras à courtes et moyennes chaînes, et est pauvre en acides gras essentiels comme l'acide linoléique et  $\alpha$ -linoléique (3%). La teneur du lait en acides gras libres est faible, leur présence donne au lait une saveur de rance.

Le tableau 3 résume les différents acides gras présents dans le lait de vache et leurs concentrations.

### 3.2.3.1.3. Lipides complexes

Ce genre de lipides est complexé avec le phosphore et/ou de l'azote. Les phospholipides sont les plus importants et ne représentent que 1% de la matière grasse. Ils jouent un rôle de stabilisant de l'émulsion et de constituant du globule gras. On distingue trois types de phospholipides : les lécithines, les céphalines et les sphingomyélines (Amiot *et al.*, 2002).

Environ 85% des acides gras des phospholipides sont des acides gras à longue chaîne. (Florance, 2010)

**Tableau 03** : Proportion des acides gras du lait. (Enmuyer et Laumonier, 2013).

| Acides gras                                   | Le taux (%) |
|---|-------------|
| Acide butyrique C 4:0                         | 3,6         |
| Acide caproïque C 6:0                         | 2,3         |
| Acide caprylique C 8:0                        | 1,3         |
| Acide caprique C 10:0                         | 2,7         |
| Acide laurique C 12:0                         | 3,3         |
| Acide myristique C 14:0                       | 10,7        |
| Acide palmitique C 16:0                       | 27,6        |
| Acide palmitoléique C 16:1                    | 2,6         |
| Acide stéarique C 18:0                        | 10,1        |
| Acide oléique C 18:1                          | 26,0        |
| Acide linoléique C 18:2 $\omega$ -6           | 2,5         |
| Acide $\alpha$ -linoléique C 18:3 $\omega$ -3 | 1,4         |
| Acide arachidonique C 20 :4 $\omega$ -6       | 0,3         |

### 3.2.3.1.4. Stérols

Les stérols se présentent à l'état libre ou estérifié par des acides gras. Le plus important est le cholestérol, on trouve aussi des caroténoïdes, des xanthophylles et les vitamines A, D, E, et K.

Les stérols contribuent à la stabilité de l'émulsion et entrent dans la composition de la membrane lipoprotéique du globule gras (**Mahaut *et al.*, 2003**).

### 3.2.4. Les protéines

La matière protéique du lait est définie par le taux protéique (TP). Le lait bovin contient environ 30 à 35 g/l, le TP conditionne la valeur marchande du lait dans certains pays, plus le TP est élevé plus sera le prix à payer, plus le TP est élevé plus le rendement fromager sera bon. (**Florence, 2010**)

La matière azotée totale du lait est constituée de deux fractions ;

- l'azote non protéique, qui n'a aucun intérêt technologique, représente 3 à 7% de l'azoté total (urée, créatine, l'acide urique, acides aminés libres et de petits peptides) dont 36 à 80% d'urée.
- L'azoté protéique, la fraction exploitable, représente 95% des matières azotées totales et correspond aux protéines solubles (protéine du lactosérum) et non solubles (caséines).

Ces protéines ont des origines différentes : (**Florence, 2010**)

- 90% des protéines du lait sont synthétisées par la mamelle, les caséines sont synthétisées par la mamelle alors que les lactoglobulines sont des protéines sanguines modifiées par la mamelle.
- 10% des protéines du lait (sérum-albumines, immunoglobulines) proviennent directement du sang.

Le tableau 4 résume les différentes protéines du lait et leurs concentrations.

Tableau 04 : Protéines du lait (d'après Cayot et Lorient, 1998 dans Fayolle, 2015)

|   | Protéines               | Concentration massique |
|---|-------------------------|------------------------|
| <b>Caséines insolubles</b><br><b>80% protéines totales</b>                  | Caséines $\alpha_1$     | 10 g/l                 |
|   | Caséines $\beta$        | 9,3 g/l                |
|   | Caséines $\kappa$       | 3,3 g/l                |
|   | Caséines $\alpha_2$     | 22,6 g/l               |
|   | Caséines $\gamma$       | 0,8 g/l                |
| <b>Protéines solubles du lactosérum</b><br><b>20% des protéines totales</b> | $\beta$ -lactoglobuline | 2 à 4 g/l              |
|   | $\alpha$ -lactalbumine  | 1,0 à 1,5 g/l          |
|   | Immunoglobuline         | 0,4 à 1 g/l            |
|   | Sérum-albumine bovine   | 0,4 g/l                |
|   | Lactoferrine            | 0,2 g/l                |

### 3.2.4.1. Protéines solubles

Les protéines solubles du lait représentent environ 20% des protéines totales (Walstra *et al.*, 2006). Elles sont entraînées dans le lactosérum lors de la coagulation des caséines et sont dénaturées par la chaleur. Parmi ces protéines on distingue les protéines solubles mineures et majeures.

#### 3.2.4.1.1. Protéines solubles mineures

Sur le plan quantitatif, ces protéines sont mineures, mais présentent des activités biologiques importantes (propriétés antibactériennes). On compte parmi elles ; les immunoglobulines, la lactoferrine, la sérum-albumine, les protéoses peptones, la plasmine, la phosphate alcaline.

Les immunoglobulines (Ig) sont présentes dans le colostrum et le lait de toutes les espèces en lactation, avec la fonction biologique de fournir une protection immunologique au nouveau-né contre les microbismes pathogènes et les toxines (Tamime, 2009). Le niveau des immunoglobulines est élevé dans le colostrum, mais diminue rapidement avec l'avancement du stade de lactation. La concentration massique dans le lait varie de 0,4 à 1,0 g/l.

Elles sont transférées dans le lait au niveau des cellules des glandes mammaires (Fayolle, 2015).

La sérum-albumine est la protéine la plus abondante dans le système circulatoire de la vache, elle est présente à l'ordre de 50% des protéines dans le sérum sanguin bovin, mais présente en faible quantité dans le lait. La concentration massique dans le lait est de 0,1 à 0,4 g/l (Fox, 2003a).

Les protéoses peptones sont classées comme les protéines solubles à pH 4,6 et qui ne sont pas dénaturées par le traitement thermique, mais sont insolubles à 12 mg/l d'acide trichloracétique (Fox, 2003b).

### 3.2.4.1.2. Protéines solubles majeures

Il existe deux protéines majeures du lactosérum : la  $\beta$ -lactoglobuline et l' $\alpha$ -lactalbumine. Elles sont synthétisées au niveau de la mamelle de la vache (Fayolle, 2015)

- La  $\beta$ -lactoglobuline : dans le lait de la plupart des espèces, la  $\beta$ -lactoglobuline est la protéine de lactosérum la plus abondante. Elle est synthétisée dans les cellules épithéliales de la glande mammaire. Elle possède un poids moléculaire de l'ordre de 18,3 kDa et un point isoélectrique à pH 5,1 (Sawyer, 2003). A pH naturel du lait, elle se présente sous forme de dimères formés par interaction hydrophobe (Sawyer, 2003).

- L' $\alpha$ -lactalbumine est la seconde protéine abondante du lactosérum. Elle est synthétisée au niveau du réticulum endoplasmique. Elle possède un poids moléculaire de 14,2 kDa et un point isoélectrique à pH 4,8 (Brew, 2003). Cette métalloprotéine présente un site de fixation pour le calcium et un autre pour le zinc. Elle a un rôle important dans la synthèse du lactose.

### 3.2.4.2. Protéines insolubles

Les caséines représentent environ 80% des protéines totales dans le lait de vache et sont donc les plus abondantes protéines du lait. Ce sont des protéines précipitables à un pH de 4,6. Les caséines sont une classe de phosphoprotéines dont les propriétés diffèrent considérablement de la plupart des autres protéines ; elles sont hydrophobes, ont une charge relativement élevée et contiennent beaucoup de proline et seulement quelques résidus de cystéine. Les caséines ont peu de structure tertiaire, avec seulement de petites régions hélicoïdales (Tamime, 2009).

Le lait de vache contient quatre types de caséines appelés ;  $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$  et  $\kappa$  caséines.



#### 3.2.4.2.1. Caséine $\alpha_1$

Parmi les caséines du lait de vache, la caséine  $\alpha_1$  a la plus forte charge ; elle se compose de 199 acides aminés, a une masse moléculaire de 23,6 kDa et contient huit résidus phosphosérine par molécule (Martin *et al.*, 2003, Tamime, 2009). La caséine  $\alpha_1$  présente une auto association progressive aux dimères, tétramères, hexamères, etc. Le degré d'association dépend fortement du pH et de la force ionique. La caséine  $\alpha_1$  est facilement précipitable par l'addition de calcium (Swaisgood, 2003). Dans la micelle, la caséine  $\alpha_1$  est peu accessible à la plasmine ; probablement qu'elle se situe au cœur de la micelle masquée par d'autres caséines (Sandra, 2001).

#### 3.2.4.2.2. Caséine $\alpha_2$

La caséine  $\alpha_2$ , la moins abondante des caséines dans le lait de vache, est la moins hydrophobe et le plus phosphorylée des caséines (Creamer, 2003). Elle représente 8 à 11% de la micelle de caséine, possède 207 résidus d'acides aminés (Martin *et al.*, 2003) et 10 à 13 phosphates (Sandra 2001), résultant à une masse moléculaire de 225,2 kDa (Ng-Kwai-Hang, 2003). Des études d'association ont montré que la caséine  $\alpha_2$  se comporte très semblable à la caséine  $\alpha_1$  (Creamer, 2003).

#### 3.2.4.2.3. Caséine $\beta$

La caséine  $\beta$  est la plus hydrophobe de toutes les caséines, avec un nombre élevé de résidus de proline, elle possède une extrémité C-terminale hydrophile et une extrémité N-terminales très hydrophobes (Creamer, 2003). La caséine  $\beta$  est constituée de 206 acides aminés (Martin *et al.*, 2003) avec un poids moléculaire de 24,0 kDa (Creamer, 2003).

La caséine  $\beta$  est facilement atteinte par la protéinase indigène du lait, la plasmine, conduisant à la formation des caséines  $\gamma$  et des protéoses peptones. La caséine  $\beta$  est précipitée en présence de calcium et à une température supérieure à 5 °C (Tamime, 2009)

#### 3.2.4.2.4. Caséine $\kappa$

La caséine  $\kappa$  diffère grandement des autres caséines, principalement parce qu'elle est la seule des caséines glycosylées. Dans le lait bovin presque deux tiers de la molécule  $\kappa$  caséine sont glycosylées ; les groupes glucidiques comprennent la galactosamine, le galactose et résidu d'acide N-acétylneuraminique. La caséine  $\kappa$  est amphiphile avec une extrémité N-terminal très

hydrophobes et une extrémité C-terminale hydrophile qui joue un rôle important dans la stabilité des micelles de caséines. Elle est constituée de 169 résidus d'acides aminés avec un poids moléculaire de 19,0 kDa (**Creamer, 2003**).

La coagulation du lait se fait suite à la protéolyse de cette caséine par la présure (ou chymosine : enzyme naturelle de la caillette du jeune bovin pré ruminant) qui scinde la molécule en deux parties : la partie N-terminale ou para caséine  $\kappa$  (1-105) et le fragment C-terminal ou caséinomacropéptide (CMP : 106-169) aux propriétés très contrastées (**Sandra, 2001**).

### 3.2.4.2.5 Caséine $\gamma$

La caséine  $\gamma$  est un fragment C-terminal résultant de la protéolyse de la caséine  $\beta$  sous l'action de la plasmine (**Sandra, 2001**).

### 3.2.4.2.6. Micelle de caséine

La majorité des caséines du lait de vache n'existent pas sous forme soluble, mais sous forme de micelles de caséines. Ces micelles sont hautement hydratées et contiennent des constituants organiques et minéraux surtout le calcium et le phosphate, mais aussi le magnésium et le citrate collectivement dénommé phosphate de calcium micellaire. Les micelles de caséines ont un poids moléculaire de  $10^8$  Da. La microstructure des micelles de caséines a fait l'objet de nombreuses recherches et discussions, mais il n'existe toujours pas de consensus général sur ce sujet.

Initialement le modèle le plus largement soutenu est le modèle submicelle ; ce modèle suppose que la micelle de caséine se compose de sous-micelles, avec un poids moléculaire de  $10^6$ - $10^7$  Da. La caséine  $\kappa$  est située sur la surface micellaire et son extrémité C-terminal hydrophile hérissent la micelle et l'enveloppe, créant une couche chevelure autour de la micelle et fournissant une stabilisation électrostatique (**Tamime, 2009**).

Un autre modèle des micelles de caséines proposé par **Holt (1992)** avec l'absence de submicelles. Dans ce modèle, les caséines sensibles au calcium sont liées par des microcristaux de phosphate de calcium micellaire, conduisant à une représentation de la micelle en tant que tissu enchevêtré de chaînes polypeptidiques de caséine réticulé par des interactions de phosphate de calcium.

Ce modèle a été affiné par **De Kruif et Holt (2003)**, qui a proposé une distribution plus ou moins homogène des protéines avec une périphérie partiellement drainée par solvant. On suppose qu'aucun phosphate de calcium n'est présent dans cette couche drainée, mais que les microcristaux de phosphate de calcium sont distribués dans toute la micelle. Les micelles de caséine atteignent des dimensions colloïdales en raison d'un équilibre entre la réticulation de la caséine et la formation de boucles dans les chaînes de protéines.

Une autre vue alternative de la microstructure de la micelle de caséine est présentée dans le modèle à double liaison proposé par **Horne (1998, 2003)**, l'assemblage et la croissance se font par un processus de polymérisation impliquant deux formes de liaison - réticulation par liaison hydrophobe ou pontage à travers le microcristal de phosphate de calcium. L'intégrité micellaire est maintenue par un excès d'interaction d'hydrophobie localisé sur la répulsion électrostatique. Dans ce modèle les caséines  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  et  $\beta$  peuvent interagir à la fois par liaison hydrophobe et réticulation entre une charge négative de phosphosérine et une charge positive d'un cristal de phosphate de calcium. (**Horne, 1998-2003**).

La coagulation du lait résulte d'une action primaire sur la caséine  $\kappa$  (protéolyse entre les acides aminés 105 Phénylalanine et 106 Méthionine situés à l'extérieur de la micelle, laissant des plages hydrophobes de para caséine  $\kappa$  (les acides aminés 1 à 105 restant fixés à la micelle). Sous l'influence de calcium ionique  $\text{Ca}^{++}$  dissous, il y a agglomération des micelles dépourvues de caséino glycopeptide (caséine  $\kappa$  106- 169 qui se solubilise) en un réseau : le caillé (**Brule et al., 1987**).

#### 3.2.4.2.7. Propriétés des caséines

➤ pHi et charge électrique des caséines

Le pHi d'une molécule est défini comme le pH pour lequel la charge globale de cette molécule est nulle. Selon **Sandra (2001)**, Les groupements acides libres des résidus glutamyle, aspartyle et phosphoryle en nombre supérieur aux groupements basiques libres –  $\text{NH}_2$  des lysines et autres acides aminés diamminés, confèrent à la caséine entière un pHi de 4.65, une charge négative et des propriétés acides (réaction avec les métaux alcalino-terreux).

➤ Propriétés associatives des caséines

A pH = 7, sous l'action de la température, les caséines  $\beta$  et  $\kappa$  donnent des polymères de plusieurs unités, les différentes molécules étant unies par des liaisons hydrophobes. De plus,

les polymères  $\kappa$  et  $\alpha_2$  résultent de liaisons disulfures S-S intermoléculaires. Le  $\text{Ca}^{++}$  diminue la charge des molécules  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  en les complexant, modifiant leur hydrophilie et les insolubilise (**Rattray et al., 1997**).

➤ Changements induits par la chaleur dans les caséines et les micelles de caséines

Bien que les caséines soient extrêmement stables à la chaleur, principalement en raison de leur manque de structure tertiaire, les micelles de caséine sont sensibles aux changements induits par la chaleur (**Van Boekel, 1999, O'connell et Fox, 2003**).

Le chauffage à une température relativement basse ( $<70^\circ\text{C}$ ) provoque des changements réversibles dans l'association des caséines micellaires et peut entraîner l'interaction de la protéine de lactosérum dénaturée avec les micelles de caséine.

Le traitement thermique du lait à plus de  $70^\circ\text{C}$  entraîne une augmentation des niveaux de caséine  $\kappa$  non micellaire dans le lait, ce qui suggère une dissociation des caséines induite par la chaleur ; en particulier, les niveaux de caséine  $\kappa$  non micellaire sont élevés en lait chauffé.

L'étendue de la dissociation induite par la chaleur des caséines augmente avec l'augmentation de la température et du pH, mais le mécanisme de ce phénomène n'a pas encore été expliqué de manière adéquate. De plus, le chauffage à  $110\text{--}150^\circ\text{C}$  provoque une déphosphorylation importante des caséines pouvant affecter la structure des micelles. Le traitement du lait à des températures supérieures de  $100^\circ\text{C}$  peut également conduire à l'hydrolyse des caséines, conduisant à la formation de peptides. Parmi les caséines  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  et la caséine  $\beta$  sont particulièrement sensibles à l'hydrolyse thermique ainsi les liaisons peptidiques impliquant les résidus de l'acide aspartique sont hydrolysées rapidement. Enfin, le chauffage du lait à haute température peut conduire à une réticulation inter et intramoléculaire des caséines en raison de la forte réactivité des résidus d'acides aminés nucléophiles (par exemple lysine ou cystéine) en présence du lactose (**Tamime, 2009**).

### 3.2.5. Eléments minéraux

La teneur du lait en minéraux est de 5%. Cette teneur est sous l'influence de plusieurs facteurs tels que l'espèce, la race, le stade de lactation et l'alimentation (**Hupperts et Kelly, 2009**).

Le lait de vache est pratiquement riche en macroéléments cationiques et anioniques comme le phosphore, le calcium le potassium et le magnésium (**Fayolle, 2015**). Le lait contient aussi des

oligo-éléments indispensables tels que le fer, le zinc, le cuivre l'iode et le fluor (**Sandra, 2010**).

Les minéraux se présentent sous forme de sels minéraux dans le lait (phosphates, chlorures, potassium, calcium et magnésium). Une partie des sels minéraux se trouvent sous forme soluble, et une partie se trouve dans la phase colloïdale insoluble en association avec les caséines (**Hupperts et Kelly, 2009**).

Les minéraux se répartissent entre les deux phases soluble et colloïdale ; le calcium et le magnésium (alcalino-terreux) sont distribués entre les deux phases, alors que le sodium et le potassium (alcalins) sont présents en totalité dans la phase soluble du lait (**Sandra, 2010**).

Les équilibres minéraux sont influencés par l'élévation et la diminution de la température ; l'abaissement de la température entraîne une solubilisation partielle du calcium micellaire, alors que son augmentation entraîne une diminution du calcium soluble qui passe dans la phase micellaire. Ces équilibres sont aussi influencés par l'addition de sels tels que les chlorures de sodium qui favorise la solubilisation du calcium micellaire. En fromagerie, l'ajout de  $Cl_2Ca$  apporte au lait des ions  $Ca^{++}$  indispensables à la coagulation enzymatique (**Goursaud, 1999**).

### 3.2.6. Vitamines

Le lait contient des vitamines liposolubles et des vitamines hydrosolubles :

- Les vitamines liposolubles sont : vitamines A, D, E et K ; ces vitamines sont soit associées à la matière grasse soit au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie.
- Les vitamines hydrosolubles du groupe B et vitamine C ; ce sont les vitamines de la phase aqueuse du lait (**Perreau, 2014**).

La teneur du lait en vitamine C est relativement faible. Les teneurs en vitamines dépendent beaucoup de l'alimentation. Les vitamines du groupe B synthétisées par les bactéries du rumen sont stables par rapport à d'autres vitamines (**Fayolle, 2015**). Les vitamines liposolubles sont seules d'origine alimentaire (**Sandra, 2010**).

Les teneurs en minéraux et en vitamines sont présentées dans le tableau 5.

**Tableau 05** : Teneurs en minéraux et en vitamines du lait bovin d'après (Ennuyer et Laumonier, 2013)

| Vitamines                   | Teneur dans le lait<br>(pour 100 g de lait) | Minéraux  | Teneur dans le lait |
|-----------------------------|---|-----------|---------------------|
| Acide pantothénique<br>(B5) | 0,373 mg                                    | Calcium   | 1,15-1,25 g/kg      |
| Riboflavine (B2)            | 0,169 mg                                    | Phosphore | 0,75-1,08 g/kg      |
| Niacine (B3)                | 0,089 mg                                    | Potassium | 1,15-1,50 g/kg      |
| Thiamine (B1)               | 0,046 mg                                    | Magnésium | 0,08-0,12 g/kg      |
| Vitamine B6                 | 0,036 mg                                    | Chlorure  | 1,06-1,15 g/kg      |
| Folate (B9)                 | 5 µg  | Soufre    | 300 mg/kg           |
| Vitamine B12                | 0,45 µg                                     | Fer       | 0,3 mg/kg           |
| Vitamine A totale           | 0,046 mg                                    | Zinc      | 3,6 mg/kg           |
| β-carotène                  | 7 µg  | Sélénium  | 36 µg/kg            |
| Phylloquinone K1            | 0,3 µg                                      | Sodium    | 420-460 mg/kg       |
| Vitamine D                  | 2 UI  |           |                     |
| Alpha-tocophérol (E)        | 0,07 mg                                     |           |                     |

### 3.2.7. Enzymes

Dans le lait de vache, environ 20 enzymes ont été caractérisées. Quarante autres enzymes ont été démontrées via leur activité. On trouve des enzymes indigènes de lait dans les micelles de caséine, dans des globules gras du lait, dans le sérum du lait ou des cellules somatiques. Ces enzymes peuvent être utilisées comme indices de la santé animale ou de l'histoire thermique du lait, elles peuvent entraîner une détérioration de la qualité ou induire des changements souhaitables dans le lait et les produits laitiers comme elles peuvent également offrir des effets protecteurs (Fox, 2003a). Les principales enzymes laitières indigènes importantes sur le plan technologique sont : la plasmine, la lipoprotéine lipase, la phosphatase alcaline et la lactoperoxydase (Tamime, 2009).

### 3.2.7.1. Plasmine

La plasmine est la protéinase indigène prédominante dans le lait. Elle fait partie d'un système protéase complexe dans le lait, constitué de son précurseur inactif, le plasminogène, le plasminogène activateur, qui catalyse la conversion du plasminogène en plasmine. La plasmine et le plasminogène proviennent du sang de l'animal et sont principalement associés à la micelle de caséine dans le lait. La plasmine est une sérine protéase, qui est active de manière optimale à pH 7,5 et 37°C (Nielsen, 2003). La plasmine est activée sur toutes les caséines, mais en particulier la caséine  $\beta$  et la caséine  $\alpha_2$  ; les sites de clivage de caséine  $\beta$  sont Lys28 – Lys29, Lys105 – His106 et Lys107 – Glu108, qui conduit à la formation de caséine  $\gamma$  et de protéose peptones.

La plasmine clive la caséine  $\alpha_2$  sur huit sites (Lys21–Gln22, Lys24–Asn25, Arg114–Asn115, Lys149–Lys150, Lys150–Thr151, Lys181–Thr182, Lys188–Ala189 et Lys197–Thr198) (Kelly et McSweeney, 2003).

Les autres caséines (à savoir la caséine  $\alpha_1$  et la caséine  $\kappa$ ) sont hydrolysées à un taux considérablement inférieur, alors que  $\alpha$  lactalbumine et la  $\beta$  lactoglobuline ne sont pas hydrolysés par la plasmine (Tamime, 2009).

### 3.2.7.2. Lipoprotéine lipase

La lipoprotéine lipase est une lipase du lait synthétisée dans la glande mammaire. LPL est une glycoprotéine constituée de 450 résidus d'acides aminés (Poids moléculaire 100 kDa) avec une activité optimale à pH 9,2 et à 37 °C (Olivecrona *et al.*, 2003). Dans le lait de vache, la plupart des lipoprotéines lipases sont associées à la micelle de caséine, certaines sont dans la phase sérique (Farkye et Imafidon, 1995).

### 3.2.7.3. Phosphatase alcaline

La phosphatase alcaline est une phosphomonoestérase à activité optimale à pH 9,0–10,5 et à une température de 37°C qui provient de la glande mammaire. Il s'agit d'un dimère de deux sous-unités identiques de 85 kDa et contient quatre atomes de zinc par molécule, qui sont nécessaire pour son activité (Shakeel-Ur-Rehman *et al.*, 2003). Cette enzyme est active contre une large gamme de substrats, hydrolyse la plupart des liaisons ester de phosphate et peut déphosphoryler les caséines dans des conditions appropriées.

## 3.2.7.4. Lactopéroxydase

La lactopéroxydase est synthétisée dans la glande mammaire et est une glycoprotéine d'un poids moléculaire d'environ 78 kDa avec un groupe hème. La lactopéroxydase a un pH optimum de 8,0 et existe principalement dans le sérum de lait (**Pruitt, 2003**). La lactopéroxydase est l'enzyme thermostable du lait ; il semble nécessaire de chauffer jusqu'à 80 °C pour assurer l'inactivation thermique (**Farkye et Imafidon, 1995**).



# **Chapitre II**

## **Microflores du lait**

### 1. Micro-organismes du lait

Le lait est un milieu idéal pour la croissance de nombreux organismes, ayant une teneur élevée en eau, en nutriments et un pH presque neutre (6,4 à 6,8). Une offre abondante de nourriture et d'énergie est disponible sous forme de sucres (Fayolle, 2015), graisses, citrate et composés azotés tels que les protéines, les acides aminés, l'ammoniac, l'urée et autres composés azotés non protéiques (Frank et Hassan, 2003).

Les microorganismes présents dans le lait peuvent être classés en deux groupes : pathogènes ou d'altération et les microorganismes utiles ou d'intérêt technologique. Les organismes pathogènes sont ceux qui sont capables d'induire une intoxication alimentaire, constituant ainsi une menace pour la santé publique (TAMIME, 2009).

En raison de leurs enzymes élaborées (protéases, peptidases, lipases, estérases, oxydases, polymérase, galactosidases), les organismes d'altération sont capables d'hydrolyser les composés du lait comme les protéines, les graisses et le lactose afin de produire des composés appropriés à leur croissance. De telles réactions peuvent entraîner une détérioration du lait qui se manifeste par des odeurs et des changements de texture et d'apparence (Frank et Hassan, 2003).

### 2. Flore utile ou d'intérêt technologique

#### 2.1. Flore lactique

Les bactéries lactiques sont des bactéries relativement hétérogènes d'un point de vue morphologique et physiologique. Elles sont Gram+, immobiles, asporogènes, anaérobies, mais aérotolérantes, ne possèdent ni catalase (à l'exception de *Lactobacillus sakei* et *Lactobacillus plantarum*), ni de nitrate réductase, produisant des quantités importantes d'acide lactique par fermentation des glucides simples tels que le glucose et le galactose (Desmazeaud, 1983 ; Vandamme *et al*, 1996).

Elles sont très fréquentes dans la nature, elles se trouvent dans le lait, la viande et les végétaux. Leurs aptitudes protéolytiques et lipolytiques leur permettent d'être des agents de l'affinage du fromage par leur contribution au développement des arômes, du goût et de la texture des fromages (Tormo, 2010).

Les bactéries lactiques ont un rôle fondamental dans les équilibres microbiens du lait. Elles jouent un rôle important dans la préservation des qualités hygiéniques des aliments par leur

capacité inhibitrice contre les microorganismes nuisibles. Leur développement excessif ou insuffisant peut contribuer à des défauts de goût et de texture (**Dortu et Thonart, 2009**).

Les bactéries lactiques sont considérées comme des microorganismes non pathogènes et sont principalement constituée par ; leuconostoc, lactocoques, pédiocoques, streptocoques thermophiles, entérocoques, et les lactobacilles mésophiles et thermophiles (**Beuvier et Feutry, 2005**).

### 2.2. Taxonomie et caractérisations générales

#### 2.2.1. Leuconostocs

Les premières souches ont été isolées lors d'accidents apparus dans des raffineries de sucre. Les leuconostocs se présentent sous forme de cellules sphériques immobiles, souvent lenticulaires après culture sur gélose, regroupée par deux ou en chaînes. Ce sont des coques à Gram positif, mésophile hétéro fermentaires, aérobies anaérobies facultatifs. Les principaux produits de leur métabolisme des hexoses sont le D-lactate, l'acétate ou l'éthanol, le CO<sub>2</sub>, du diacétyle et de l'acétoïne (**Devoyod et Poullain, 1988**).

Les caractéristiques phénotypiques de ces bactéries sont reportées dans le tableau 09. Le genre *Leuconostoc* comprend 12 espèces microbiennes : *L. mesenteroides* (avec trois sous-espèces, *mesenteroides*, *dextranicum* et *cremoris*), *L. citreum*, *L. carnosum*, *L. fallax*, *L. ficulneum*, *L. gasicomitatum*, *L. gelidum*, *L. inhae*, *L. kimchii*, *L. lactis* et *L. pseudomesenteroide*, *L. palmae* (**Tormo, 2010**).

Ces bactéries sont présentes dans de nombreux habitats naturels. Elles représentent notamment la microflore lactique dominante des végétaux frais. Les *Leuconostocs* sont fréquemment impliqués dans la fabrication d'aliments composés de végétaux fermentés ; l'espèce *Leuconostoc mesenteroides* étant majoritaire en début de fermentation avant que des bactéries plus acidifiantes dominant par la suite (**Dellaglio et al. 1994**).

Le rôle des *Leuconostocs* dans la formation de l'arôme et la texture des fromages est important (Hemme et Foucaud-Scheunmann, 2004). Les souches de *L. mesenteroides* et *L. lactis* métabolisent le citrate et produisent des composés aromatiques qui contribuent à la saveur des fromages comme le diacétyle et l'acétoïne (**Vedamuthu, 1994**).

Ainsi, certaines de ces souches sont introduites dans des levains lactiques en association avec des lactocoques, car leur capacité acidifiante est limitée. Cependant, les *Leuconostocs*

peuvent également être à l'origine de trous précoces dans le caillé (Devoyod et Poulain, 1988) en raison de leur activité hétérofermentaire et gazogène.

**Tableau 06 :** Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de leuconostocs (Dellaglio *et al.*, 1994)

| Espèces                                      | Croissance dans/à : |          |      |      |      |      | Gaz à partir du glucose | Isomère de l'acide | Production de dextrane | Hydrolyse |          |
|--|---------------------|----------|------|------|------|------|-------------------------|--------------------|------------------------|-----------|----------|
|  | NaCl 3%             | NaCl 6,5 | 15°C | 30°C | 37°C | 45°C |                         |                    |                        | Arginine  | Esculine |
| <b>Ln.lactis</b>                             | ±                   | -        | -    |      | +    | -    | +                       | D(-)               | -                      | -         | -        |
| <b>Ln. mesenteroides ssp. cremoris</b>       | -                   | -        | +    | +    | -    |      | +                       | D(-)               | -                      | -         | -        |
| <b>Ln. mesenteroides. ssp. dextransicum</b>  | ±                   | -        | +    |      | +    |      | +                       | D(-)               | +                      | -         | ±        |
| <b>Ln. mesenteroides. ssp. mesenteroides</b> | +                   | ±        | +    |      | ±    | -    | +                       | D(-)               | +                      | -         | ±        |
| <b>Ln. paramesenteroides</b>                 | ±                   | ±        |      | +    | ±    |      | +                       | D(-)               | -                      | -         | ±        |

+ : plus de 90% de réactions positives ; - moins de 10% de réactions positives ; ± : réactions positives faibles ou tardives.

### 2.2.2. Lactocoques

Ce sont des microorganismes mésophiles, à Gram positif, sans activité catalytique, non mobiles et se présentant sous forme de coques disposées en paires ou en chaînettes. Leur métabolisme est homo fermentaire, de l'acide lactique (L+) étant produit par la voie des hexoses. Le genre *Lactococcus* comprend 6 espèces : *L. garviae*, *L. piscium*, *L. plantarum*, *L. raffinolactis*, *L. lactis*, *L. chungangens*. Cette dernière espèce est divisée en trois sous-espèces : *L. lactis* subsp. *Lactis*, *L. lactis* subsp. *Cremoris* et *L. lactis* subsp. *Hordniae*. Les lactocoques sont formés d'espèces dont les contenus en G+C varient de 34 % à 43% (Tormo, 2010). Les caractéristiques générales de ces bactéries sont reportées dans le tableau 10. Le lait est un habitat privilégié des lactocoques (Corroler *et al.* 1999).

Les lactocoques se retrouvent fréquemment dans les laits crus à des niveaux pouvant varier de 10 à 10 000 ufc.ml<sup>-1</sup>, selon les études et les espèces laitières. Les niveaux sont supérieurs dans les laits de chèvre et de brebis, comparés au lait de vache (**Mallet et al., 2010**).

Il est toutefois difficile de comparer les niveaux des lactocoques mentionnés dans les études, car les méthodes de dénombrement diffèrent souvent. Parmi les lactocoques, *Lactococcus lactis* est l'espèce la plus étudiée et la plus fréquemment détectée dans les laits crus (**Dalmasso et al., 2009**).

Les lactocoques transforment le lactose en acide lactique. Ceci permet l'acidification du lait et contribue à la formation du caillé. Ces bactéries possèdent par ailleurs des protéases. Selon **Jeanson (2000)**, 2 types de protéases agissant sur les caséines (protéines impliquées dans la coagulation du lait) sont synthétisées :

- Type I : protéolyse de la caséine  $\beta$ ,
- Type II : protéolyse des caséines  $\beta$ ,  $\alpha_1$  et  $\kappa$ .

Les lactocoques contribuent ainsi à la protéolyse primaire des fromages. Cette action est mineure, la protéolyse primaire étant principalement réalisée par les enzymes natives du lait ou celles de la présure (**Grappin et al., 1985**).

D'autre part, l'autolyse précoce des lactocoques permet la libération d'autres enzymes intracellulaires telles que des protéinases, des peptidases, des lipases ou des estérases. Ces mécanismes d'autolyse dépendent des souches de lactocoques. De nombreuses études ont montré l'impact considérable de ces enzymes sur le développement de la texture et de l'arôme des fromages pendant l'affinage (**Gutiérrez- Mendez et al., 2007**).

**Tableau 07** : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de lactocoques (Dellaglio *et al.*, 1994).

| Espèces                         | Croissance dans/à : |         |      |      |      | Gaz à partir du glucose | Isomère de l'acide lactique | Production de :      |                       |                      |                 |
|---------------------------------|---------------------|---------|------|------|------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
|                                 | NaCl 2%             | NaCl 4% | 10°C | 40°C | 45°C |                         |                             | Arginine dihydrolase | $\alpha$ galactosidas | $\beta$ galactosidas | Voges-Proskauer |
| <b>Lc. garviae</b>              |                     | +       | +    | +    | -    | -                       | L(+)                        | +                    | -                     | -                    | +               |
| <b>Lc. Lactis ssp. cremoris</b> | +                   | -       | +    | -    | -    | -                       | L(+)                        | -                    | -                     | -                    | +               |
| <b>Lc. Lactis ssp. hordniae</b> | +                   | -       | +    | -    |      | -                       | L(+)                        | +                    | -                     | -                    | +               |
| <b>Lc. Lactis ssp. lactis</b>   |                     | +       | +    | +    | -    | -                       | L(+)                        | +                    | -                     | -                    | V               |
| <b>Lc. plantarum</b>            |                     | +       | +    | V    | -    | -                       | L(+)                        | -                    | V                     | -                    | +               |
| <b>Lc. raffinolactis</b>        |                     | -       | +    | -    |      | -                       | L(+)                        | V                    | +                     | -                    | +               |

+ : plus de 90% de réactions positives ; - moins de 10% de réactions positives ; v : plus de 10% et moins de 90% de réactions positives

### 2.2.3. Entérocoques

Ce sont des coques Gram positif, sans activité catalytique, non mobiles et présentant une grande diversité phénotypique (Park *et al.*, 1999). Trente-cinq espèces ont été proposées comme faisant partie du genre Entérocooccus. La plupart des espèces d'entérocoques sont capables de se développer à pH 9,6 en présence de 6,5% de Na Cl, de 40% de sels biliaires, et peuvent survivre 30 minutes à 60°C. Le genre est formé d'espèces dont les contenus en G+C sont voisins (37,5 à 44%). Par contre, si l'on se réfère aux taux d'hybridation ADN-ADN, elles apparaissent génétiquement différentes les unes des autres et éloignées des autres coques Gram positif, sans activité catalytique et anaérobies facultatifs (Tormo, 2010).

Les entérocoques sont présents dans les laits et dans de nombreux fromages traditionnels du bassin méditerranéen (Cogan *et al.*, 1997). Ce sont des hôtes normaux des intestins des

animaux à sang chaud, mais également des plantes et des insectes (**Deibel, 1964**). Dans le système digestif de l'homme et d'autres monogastriques, ils exercent une activité probiotique.

Certaines souches peuvent cependant présenter des facteurs de virulence leur conférant un pouvoir pathogène (**Dellaglio et al., 1994**). *Entérocooccus faecalis*, *Entérocooccus faecium* et dans une moindre mesure *Enterococcus durans* sont les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les laits et les fromages (**Ogier et Serror, 2008**).

Le statut des entérocoques est, cependant, controversé. Ils sont plutôt considérés comme des microflore d'intérêt technologique dans les pays d'Europe du Sud. A l'inverse, les études menées en Europe du Nord portent essentiellement sur les aspects négatifs (pathogène opportuniste, résistance aux antibiotiques). Dans les fromages, les niveaux peuvent s'élever jusqu'à  $10^6 \text{ ufc.g}^{-1}$  dans le caillé et jusqu'à  $10^7 \text{ ufc.g}^{-1}$  dans les fromages affinés (**Centeno et al., 1999**).

Ces niveaux élevés peuvent s'expliquer par la capacité des entérocoques à se développer en milieu acide et à des taux de sels élevés. Les entérocoques joueraient un rôle dans le développement des caractéristiques sensorielles des fromages (**Neviani et al., 1982**). Le tableau 11 présente les caractéristiques physiologiques et biochimiques des entérocoques.

**Tableau 08 :** Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces d'entérocoques ( *Dellaglio et al., 1994*).

| Espèces             | Croissance dans/à : |      |      |      | Résistance à 60°C/30min | Gaz à partir du glucose | Isomère de l'acide lactique | Production de :      |                        |                   |
|---------------------|---------------------|------|------|------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
|                     | NaCl 6.5%           | 10°C | 45°C | 50°C |                         |                         |                             | Arginine dihydrolase | $\alpha$ galactosidase | B galactosidase s |
| <b>Ec. durans</b>   | +                   | +    | +    | -    | +                       | -                       | L(+)                        | +                    | -                      | V                 |
| <b>Ec. faecalis</b> | +                   | +    | +    | V    | +                       | -                       | L(+)                        |                      |                        |                   |
| <b>Ec. faecium</b>  | +                   | +    |      | +    | +                       | -                       | L(+)                        | +                    | -                      | +                 |

+ : plus de 90% de réactions positives ; - moins de 10% de réactions positives ; v : plus de 10% et moins de 90% de réactions positives.

#### 2.2.4. Lactobacilles

Le genre *Lactobacillus* est très hétérogène (le G+C varie de 33 % à 55%). Il contient 140 espèces et 27 sous-espèces, mais sa classification évolue régulièrement. Les lactobacilles sont des bacilles Gram positif, non mobile, non sporulant, se développant dans des conditions microaérophiles à strictement anaérobies. Bien que certains travaux aient révélé la présence d'une catalase chez certaines souches de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* (**Rochat et al., 2006**),

Les lactobacilles ne présentent généralement pas d'activité catalytique. Les lactobacilles se répartissent en trois groupes selon leur profil fermentaire, d'après la classification de **Kandler et Weiss (1986)** :

**a/ les lactobacilles du groupe I (LBI)**, sont des bactéries homo fermentaires strictes, ne fermentant que des hexoses. Les espèces de ce groupe fréquemment rencontrées dans les



produits laitiers sont : *L. delbrueckii* subsp. *Lactis*, *L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* et *L. helveticus*. Dans ce groupe, les écarts de contenu G+C sont élevés (33 à 53%).

**b/ les lactobacilles du groupe II (LBII)**, lactobacilles hétéro fermentaires facultatifs sont des bactéries qui fermentent les hexoses et produisent presque exclusivement de l'acide lactique.

Ils peuvent également fermenter les pentoses après induction d'une phosphocétolase et produire de l'acide lactique et de l'acide acétique. Ce groupe rassemble entre autres *L. plantarum*, *L. pentosus*, *L. rhamnosus*, *L. casei* et *L. paracasei*. Les contenus en G+C sont compris entre 35 et 47%.

**c/ Les lactobacilles du groupe III (LBIII)**, sont hétéro fermentaires stricts. L'utilisation des sucres suit la voie des pentoses phosphate et conduit à la formation de lactate, d'acétate ou d'éthanol et de CO<sub>2</sub>. Les contenus en G+C sont très variables : de 33% à 53%.

Le tableau 12 reprend les principaux caractères phénotypiques propres aux lactobacilles. Les lactobacilles sont les bactéries lactiques les plus ubiquitaires (**Desmazeaud, 1992**). Ils sont capables de coloniser des habitats très variés, pourvu que ces derniers répondent à leurs exigences de croissance, plus importantes que celles des lactocoques. Ainsi, les éléments indispensables à leur croissance sont certains acides aminés, des macroéléments (magnésium et potassium), ainsi que certains microéléments comme la niacine et le panthothénate de calcium (**Jeanson, 2000**). Si l'on retrouve les lactobacilles dans le lait, l'habitat de la majorité des lactobacilles (en particulier ceux du groupe I) est le tractus digestif et les organes génitaux des animaux (**Bernardeau et al., 2008**). Les lactobacilles du groupe II se retrouvent préférentiellement sur les végétaux (**Dellaglio et al., 1994**).

Certains d'entre eux constituent la flore majoritaire des ensilages (*L. plantarum*, *L. pentosus*, *L. paracasei*). Les niveaux de lactobacilles retrouvés dans les laits crus sont assez faibles pour les laits de vache et de chèvre. Ils se situent entre 10 et 100 ufc.ml<sup>-1</sup> (**Tormo et al., 2006**). Par contre, les niveaux sont plus élevés dans le lait de brebis, entre 1000 et 10 000 ufc.ml<sup>-1</sup> (**Casalta et al., 2009**). Notons toutefois que pour la majorité des études citées, ce sont plutôt les lactobacilles du groupe II qui sont dénombrés.

Les lactobacilles sont de bons producteurs d'acide lactique et parfois de substances antibactériennes. Ils contribuent grandement à l'équilibre des microflore. En effet, ils ont un

rôle inhibiteur vis-à-vis du développement de microorganismes pathogènes (Klaenhammer, 1993).

D'autres lactobacilles sont considérés comme des pathogènes opportunistes (*L. cateniformis*, *L. crispatus*, *L. gasseri*) notamment impliqués dans les infections urinaires (Dellaglio *et al.*, 1994), alors qu'ils sont des commensaux reconnus au niveau vaginal par exemple. *L. buchneri* a été incriminé dans des intoxications alimentaires, du fait de la production, dans des fromages, d'histamine pouvant être hautement allergène chez certains individus, (Dellaglio *et al.*, 1994).

**Tableau 09** : Principales caractéristiques physiologiques et biochimiques de quelques espèces de lactobacilles (Dellaglio *et al.*, 1994).

| Espèces                             | Croissance à : |      | Température optimale de croissance | Température maximale de croissance | Isomère de l'acide lactique | Production de :  |                      |
|-------------------------------------|----------------|------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|
|                                     | 15°C           | 45°C |                                    |                                    |                             | LDH allostérique | Arginine dihydrolase |
| <b>Lb. casei</b>                    | +              | V    | 30 à 37°C                          | <45°C                              | L(+)                        | +                | -                    |
| <b>Lb. helveticus</b>               | -              | +    |                                    |                                    | DL                          | -                | -                    |
| <b>Lb. paracasei ssp. paracasei</b> | +              | V    |                                    |                                    | L(+)                        |                  | -                    |
| <b>Lb. paracasei ssp. tolerans</b>  | +              | -    |                                    | <40°C                              | L(+)                        |                  | -                    |
| <b>Lb. plantarum</b>                | +              | -    | 30 à 37°C                          | <45°C                              | DL                          | -                | -                    |
| <b>Lb. rhamnosus</b>                | +              | +    |                                    |                                    | L(+)                        |                  | -                    |

+ : plus de 90% de réactions positives ; - moins de 10% de réactions positives ; v : plus de 10% et moins de 90% de réactions positives.

### **2.2.5. Streptocoques**

Le genre *Streptococcus* est diversifié et la classification est très mouvementée. Ce genre est généralement divisé en trois groupes : pyogène (les espèces pathogènes et hémolytiques), oral (tel que *St. salivarius*, *St. bovis*) et les autres streptocoques (**Scheilfer, 1987**).

La seule espèce de streptocoques qui soit utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus thermophilus* qui a été incluse dans le groupe des « autres streptocoques », mais ensuite transférée au groupe des streptocoques oraux à cause de leur degré d'homologie avec l'ADN de *Streptococcus salivarius* (**Stiles et Holzapfel, 1997**).

*Streptococcus thermophilus* se différencie par son habitat (lait et produits laitiers) et son caractère non pathogène. La résistance à la température, la capacité de croître à 52°C et le nombre limité des hydrates de carbone permettent de distinguer les *St. thermophilus* de la plupart des autres streptocoques (**Pilet et al., 2005**).

### **2.2.6. Pediocoques**

Les *Pediococcus* sont des coques homos fermentaires dont la particularité est le regroupement en tétrade. Ils sont mésophiles, le plus souvent incapables d'utiliser le lactose, et leur développement nécessite la présence de divers facteurs de croissance. Certaines espèces se distinguent par leur capacité à se développer à des teneurs en sels très élevées, comme *Pediococcus halophilus*, renommé *Tetragenococcus halophilus* et *Tetragenococcus muriaticus* qui tolère jusqu'à 18% de Na Cl (**Pilet et al., 2005**).

## **2.3. Microflore d'affinage**

Les principaux microorganismes jouant un rôle connu dans l'affinage sont les bactéries lactiques (déjà décrites), les bactéries propioniques, les levures, les moisissures, et les bactéries corynéformes aérobies.

### **2.3.1. Corynébactérie**

Le groupe des bactéries corynéformes contient des genres bactériens hétérogènes. Les bactéries considérées ici (hors propionibactéries) sont des bacilles, majoritairement aérobies, Gram positif, pléomorphes, non sporulés. Pour les microbiologistes alimentaires, ces bactéries sont de formes irrégulières (bacilles ou coccobacilles) et sont isolées à la surface des fromages

à croûte lavée. Elles sont souvent psychrotrophes et ne peuvent pas croître à 37°C. Aucune espèce de bactéries corynéformes isolées du lait et des produits laitiers n'est à l'origine de problèmes sanitaires dans les pays industrialisés. D'autre part, la plupart des espèces isolées dans ces mêmes milieux ne présentent pas de mécanismes particuliers de résistance acquise aux antibiotiques (Denis et Irlinger., 2008).

### 2.3.2. Levures et moisissures

Les levures constituent une classe d'eucaryotes unicellulaires. Elles appartiennent à l'embranchement des ascomycètes et des basidiomycètes. Les levures ascomycètes peuvent, sous certaines conditions, former des ascospores à l'intérieur de la cellule, alors que les levures basidiomycètes développent des spores externes. Les levures peuvent se diviser soit par bourgeonnement comme pour *Saccharomyces*, soit par division comme *Shizosaccharomyces* par exemple. Dans certaines conditions, des espèces peuvent pousser sous forme de filaments irréguliers (*Candida albicans*, *Yarrowialipolytica*...). En effet, ces levures sont particulièrement rencontrées et utilisées dans les industries alimentaires (agents de fermentation, mais aussi microflore d'altération).

La caractérisation des levures dans les laits a été réalisée plus particulièrement sur des laits de vache et de chèvre issus de régions d'Italie (Nord de l'Italie pour le lait de vache, Sardaigne pour le lait de chèvre). Une quinzaine d'espèces différentes ont été isolées. Les genres *Candida*, *Cryptococcus*, sont communs aux deux espèces laitières. Certaines espèces sont détectées dans les deux types de laits (*Candida parapsilosis*, *Candida zeylanoides*, *Cryptococcus curvatus*), mais avec des prévalences différentes selon les espèces laitières (Cocolin *et al.*, 2002 ; Fadda *et al.*, 2010). *Candida zeylanoides* est l'espèce dominante en lait de chèvre, alors qu'en lait de vache, cette espèce est sous-dominante. *Kluyveromyces marxianus* et *Kluyveromyces lactis* sont les espèces dominantes dans les laits de vache. Les niveaux de levures et moisissures rencontrés dans les laits sont faibles, bien souvent inférieurs à 100 ufc.ml<sup>-1</sup>, mais avec une grande variabilité en fonction des élevages (Torkar et Vengust., 2008).

Les principales espèces rencontrées dans les fromages sont les suivantes : *Kluyveromyces marxianus* var. *marxianus*, *Kluyveromyces lactis* var. *Lactis*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida zeylanoides*, *Candida catululata*, *Candida intermedia*, *Geotrichum candidum*, *Torulaspora delbrueckii*, *Yarrowialipolytica* (Fröhlich -Wyder, 2003). Certaines espèces de levures comme *Geotrichum candidum*, *Kluyveromyces* spp,

*Candida* spp. Sont considérées comme des microflore d'intérêt technologique en transformation fromagère. *Geotrichum candidum* est largement employé comme levain d'affinage en particulier pour les fromages à pâte molle et à croûte fleurie (**Pottier et al., 2008**).

Elles viennent désacidifier la surface des fromages, permettant le développement des bactéries d'affinage (corynébactéries et staphylocoques). Par leurs activités enzymatiques (protéases, lipases, peptidases), elles jouent un rôle non négligeable dans la texture des fromages et la production de nombreux composés aromatiques. Les niveaux de levures trouvés dans les fromages affinés peuvent atteindre  $10^9$  ufc.g<sup>-1</sup>. Cependant, le développement excessif de certaines levures peut engendrer des défauts dans les fromages. Citons par exemple le cas de *Geotrichum candidum*. Lorsque celui-ci se développe trop rapidement et/ou se retrouve à des niveaux élevés dans les fromages, il engendre un défaut communément appelé « peau de crapaud ».

Concernant les risques pour la santé humaine, les espèces de levures rencontrées dans les fromages peuvent être retrouvées en pathologie humaine en tant qu'opportunistes, mais cette origine de contamination n'a jamais été mise en cause (**Pottier et al., 2008**).

Les moisissures se développent à la surface des fromages. Elles ont un impact sur les caractéristiques sensorielles des fromages. Les moisissures se retrouvent fréquemment dans les laits, mais leur niveau moyen ne dépasse pas 10 ufc.ml<sup>-1</sup> (**Torkar et Vengust, 2008**). Peu d'études portent sur la diversité des espèces de moisissures contenues dans les laits, du fait notamment de la difficulté d'identification des différentes espèces. Une étude menée en 2004, dans 4 fromageries en Norvège, fait état d'une grande diversité de moisissures dans les laits, le matériel de fromagerie et la saumure (**Kure et al., 2004**). De nombreuses espèces des genres *Penicillium* et *Mucor* y sont retrouvés, ainsi que *Fusarium* (**Torkar et Vengust, 2008**).

Les principales moisissures rencontrées dans les fromages sont des *Penicillium*. *Penicillium camemberti* est à l'origine de la croûte blanchâtre des fromages à pâtes molles et à croûte fleurie. *Penicillium roqueforti* est responsable des veines bleues dans les pâtes persillées. La présence de *Mucor* est souvent en liaison avec un défaut de l'aspect des fromages communément appelé l'accident du « poil de chat » (**Beuvier et Feutry, 2005**).

### 3. Microflore indésirable ou pathogène

#### 3.1. Coliformes

Le terme de coliformes désigne traditionnellement un certain nombre d'espèces appartenant à la famille des Entérobacteriaceae, capables de fermenter rapidement le lactose. Ces bactéries possèdent les caractères phénotypiques suivants : ce sont des bacilles Gram négatif, non sporulés, sans activité oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à une température de 35-37°C. Ce groupe comprend classiquement les huit espèces suivantes : *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Entérobacter cloacae*, *Entérobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*. Les apports de la taxonomie génétique et numérique ont modifié la classification des entérobactéries et augmenté considérablement le nombre d'espèces affiliées aux coliformes. Il s'agit de nouvelles espèces dans les genres *Escherichia*, *Klebsiella*, *Entérobacter* ou d'espèces anciennement décrites, comme *Yersinia entérocolitica*, non rattachées précédemment aux Enterobacteriaceae, ou de nouveaux genres tels que *Buttiauxella*, *Cedecea*, *Leclercia*, *Rahnella* (Tormo, 2010). Parmi les coliformes, il faut distinguer les coliformes thermotolérants (croissance à 44°C) ou fécaux provenant de l'intestin de l'homme et des animaux, des autres coliformes dont les espèces, sont considérées comme environnementales. Pour la majorité des espèces de coliformes, le réservoir est aquatellurique d'une part, animal et humain d'autre part. Plus de la moitié de ces espèces, isolées de terres vierges et d'eaux d'alimentation potables n'ont jamais été impliquées dans des processus pathologiques.

La microflore Gram négative représente une part importante de la population microbienne des laits fortement contaminés (Richard, 1983). Cependant, les mesures d'hygiène croissante aboutissent à des niveaux des microflore nettement plus bas, et en particulier pour les coliformes qui sont souvent des indicateurs d'hygiène (en particulier les coliformes thermo tolérants). En France, il est courant d'avoir des niveaux de coliformes dans le lait inférieurs à 1000 ufc.ml<sup>-1</sup> (Tormo *et al.*, 2006). Les genres les plus fréquemment isolés dans les laits sont les suivants : *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Yersinia* (Saubusse *et al.*, 2007). Ces genres se retrouvent également dans les fromages (Coiffier, 1992). Lorsque les coliformes sont à des niveaux élevés dans les laits ou encore dominants, ils sont responsables des gonflements précoces des fromages (Coiffier, 1992) du fait de la production de gaz carbonique et d'hydrogène très peu soluble dans le lait. Ils peuvent conférer un aspect

spongieux au fromage (**Beuvier et Feutry, 2005**). Cette production dépend des souches : seules en sont responsables celles qui synthétisent une hydrogène lyase. Etant donné les niveaux importants atteints dans certains fromages à pâte molle (106 à 108 ufc.g<sup>-1</sup>) et du fait de leur aptitude à dégrader des acides aminés, ils présentent un intérêt dans l'élaboration du goût (**Coiffier, 1992**). Cependant, les coliformes thermo tolérants sont considérés comme des indicateurs de contamination fécale, c'est-à-dire que leur présence souligne un risque potentiel de présence de pathogènes entériques comme les salmonelles. Par ailleurs, certains sont des opportunistes et peuvent induire des infections chez l'homme. Véhiculée dans le lait de façon accidentelle lors de la traite, leur ingestion peut être à l'origine d'intoxications alimentaires.

### 3.2. Pseudomonas

Les espèces du genre *Pseudomonas* sont les plus importantes en raison de leur capacité à produire des enzymes thermostables (protéases et lipases) pendant la croissance sous réfrigération (**Champagne et al., 1994; Muir, 1996**). Ce sont des bâtonnets à Gram négatif, mobiles, avec une capacité de croissance à des températures juste au-dessus du point de congélation, malgré leur température de croissance optimale être entre 25 et 30 °C (**Muir, 1996**). Selon **Sorhaug (1992)**, Ce genre présente des temps de génération relativement courts (taux de croissance) à de basses températures (entre 0 et 7°C). Leur temps de génération peut même être plus court en présence d'air (**Vasavada et Cousin, 1993**). Les temps de génération des *Pseudomonas* spp. Psychrotrophes à isolés du lait cru sont 8-12 h à 3 ° C et 5,5-10,5 h à 3-5 ° C (**Suhren, 1989**). Ces taux de croissance sont suffisants pour provoquer la détérioration dans les 5 jours à ces températures si le lait contient initialement qu'une seule colonie (**Frank, 1997**).

Environ 50% des *Pseudomonas* spp. Sont du type fluorescent, caractérisé par la production d'un pigment diffusible (pyoverdine) pendant sa croissance (**Muir, 1996**). D'après **Shelley et al., (1987)**, *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas fragi*, contaminants communs du lait, sont capables de produire des enzymes thermostables (protéase et lipase).

### 3.3. Staphylocoques à coagulase positive

Ils sont principalement représentés par *Staphylococcus aureus*, pathogène présent dans le lait cru. L'origine principale de cette contamination est l'excrétion de *Staphylococcus aureus* par des animaux laitiers atteints de mammites (**De Buyser et Lapeyre, 1994**). Cette bactérie est

responsable d'une proportion importante des mammites subcliniques et chroniques chez la vache laitière, comme chez les petits ruminants et d'environ un tiers des mammites cliniques.

Ces infections de longue durée sont parmi les plus difficiles à guérir par l'antibiothérapie et sont donc fréquentes. D'autre part, la colonisation de la peau, des muqueuses (notion de porteurs sains) et l'infection des lésions superficielles des trayons par *Staphylococcus aureus* constituent également des sources de contamination du lait dont l'importance est mal connue.

L'homme ayant des plaies contaminées ou des abcès peut être également un vecteur, y compris en tant que porteur sain (portage nasal). Selon **Lamprell (2003)**, le biotype A humain est détecté dans moins de 3% des échantillons de laits et de fromages analysés.

L'ingestion de toxine produite par *Staphylococcus aureus* provoque des troubles gastro-intestinaux causant une déshydratation qui peut être grave chez des sujets à risques. En France, une étude menée en filière caprine portant sur environ 200 producteurs fait état de niveaux très variables de *Staphylococcus aureus* dans les laits, selon les élevages et la saison. Les niveaux varient de 10 ufc.ml<sup>-1</sup> à 1000 ufc.ml<sup>-1</sup>. Il est rarissime (<0,5%) que les résultats se maintiennent au-delà de 1000 ufc.ml<sup>-1</sup> (**De Cremoux et al., 2008**). Dans cette même étude, la plupart des souches isolées des chèvres infectées possèdent le gène codant pour l'entérotoxine de type C. En dépit de la fréquence élevée des souches potentiellement entérotoxigènes, aucun des fromages analysés n'a révélé de présence d'entérotoxines. En ce qui concerne le typage des souches, les chèvres excrétrices constituent la source majeure de contamination des fromages. Néanmoins, d'autres sources de contamination existent ; portage cutané des mamelles, biofilms présents dans l'installation de traite et exceptionnellement le portage humain (**Tormo, 2010**).

### 3.4. Clostridies

Les *Clostridium* spp. Sont présents dans le lait cru à des niveaux si bas que l'enrichissement et l'utilisation des techniques du nombre probable doivent être utilisées pour la quantification (**Rosen et al., 1989**). Les populations de clostridium dans le lait cru varient selon les saisons.

Dans les climats tempérés, les clostridies sont plus élevés dans le lait cru collecté en hiver que celles collectées en été, car en hiver, dans de nombreux pays, les vaches sont logées et reposent sur des matériaux de litière contaminés par les spores et sont plus susceptibles de consommer de l'ensilage chargé de spores (**Bramley et McKinnon, 1990**).



# **Chapitre III**

## **PARTIE EXPERIMENTAL**

**1. Introduction :**

Ce travail a été réalisé au niveau de l'unité GIPLAIT SAIDA, dans le but de faire une enquête statistique sur la consommation du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé par la population de la wilaya de Saida durant les 5 années dernier (2016 à 2020), afin de réaliser cette étude, nous avant contacté le service des statistiques de groupe GIPLAIT LA SOURCE (SAIDA), afin d'obtenir les informations nécessaires à la conduite à la réalisation de cette étude.

**2. Présentation du groupe GIPLAIT/SPA :**

Le Groupe Lait GIPLAIT/SPA est l'un des plus importants producteurs de laits et produits laitiers en Algérie avec une capacité de production de plus de quatre (04) millions de litres/jour.

Outre la production et la commercialisation des laits et produits laitiers, le groupe a aussi pour mission de développer la production nationale de lait, comme il participe activement à la régulation du marché national du lait.

Avec plus de 3800 collaborateurs, le groupe compte seize (16) filiales dont 15 spécialisées dans la production de laits et dérivés et une chargée de la gestion des fermes pilotes (19), dont la vocation principale est l'élevage de bovins laitiers (**GIPLAIT**).

3. Matériel et méthode :

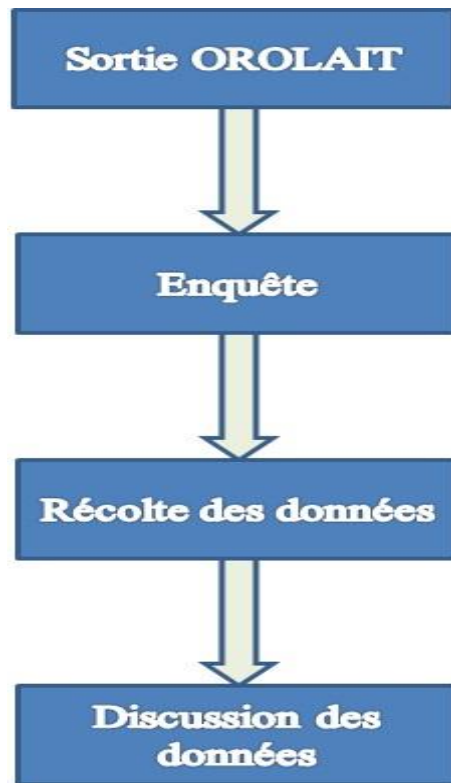


Figure 02 : plan de méthodologie de travail

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

1. Résultats et discussion :

Pour raison de commodité on a converti les résultats obtenus en histogramme de production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en litre par mois

Tableau 10: La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2016

| Mois      | LPC (L)  | Lait de vache(L) |
|-----------|----------|------------------|
| Janvier   | 2823872  | 416736           |
| Février   | 2342658  | 422725           |
| Mars      | 2592324  | 504610           |
| Avril     | 2562940  | 591365           |
| Mai       | 2429474  | 603800           |
| Juin      | 1959805  | 493230           |
| Juillet   | 3448290  | 515745           |
| Aout      | 3613258  | 507880           |
| Septembre | 2860610  | 498085           |
| Octobre   | 3149615  | 511157           |
| Novembre  | 3013308  | 419010           |
| Décembre  | 3226462  | 488010           |
| total     | 34022616 | 5972353          |

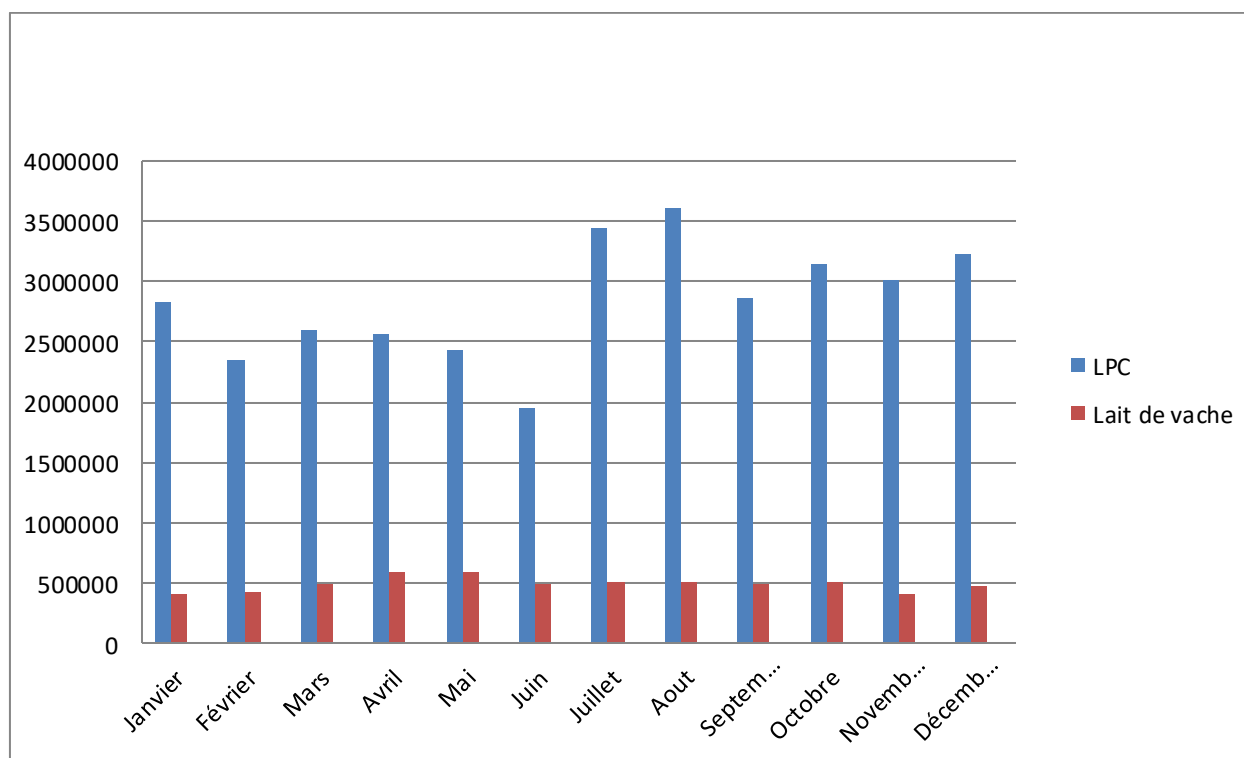


Figure 03 : Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2016

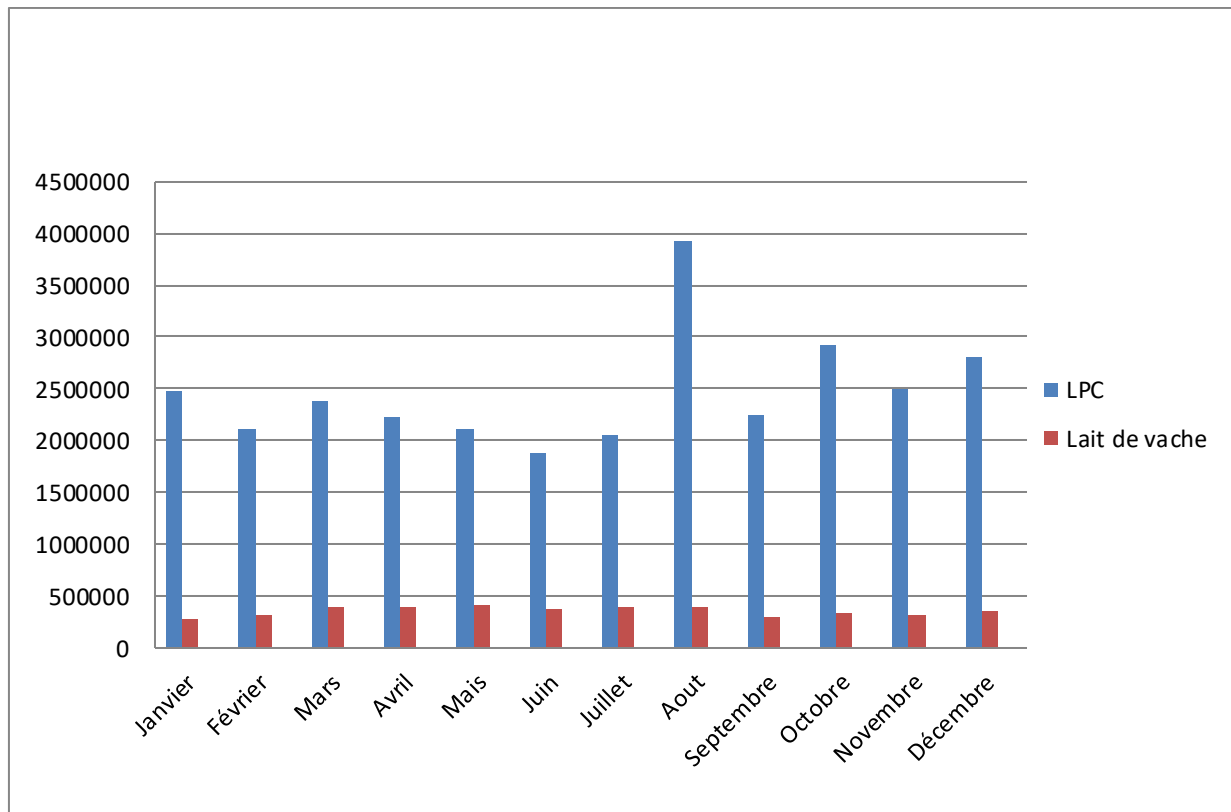
### 1.1. Discussion des résultats en 2016 :

Au vue de ces résultats on remarque que la production du lait reconstitué pasteurisé est très élevée par rapport au lait de vache pasteurisé durant tous les mois de l'année 2016.

Sachant que la production de lait reconstitué pasteurisé a dépassé 3 millions de litre au court des mois suivants Juillet, Aout, Octobre, Novembre, Décembre. En plus on remarque que la production de lait de vache pasteurisé ne dépasse pas le seuil de 500 000 L/mois sauf les deux mois Avril et Mai.

**Tableau 11:** La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2017

| Mois      | LPC (L)  | Lait de vache(L) |
|-----------|----------|------------------|
| Janvier   | 2480285  | 284330           |
| Février   | 2121260  | 315575           |
| Mars      | 2374120  | 395430           |
| Avril     | 2236700  | 391380           |
| Mai       | 2108919  | 406605           |
| Juin      | 1890540  | 373640           |
| Juillet   | 2044920  | 390235           |
| Aout      | 3933750  | 387400           |
| Septembre | 2250900  | 292430           |
| Octobre   | 2920080  | 333415           |
| Novembre  | 2502428  | 323310           |
| Décembre  | 2802758  | 358590           |
| total     | 29666660 | 4252340          |



**Figure 04 :** Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2017

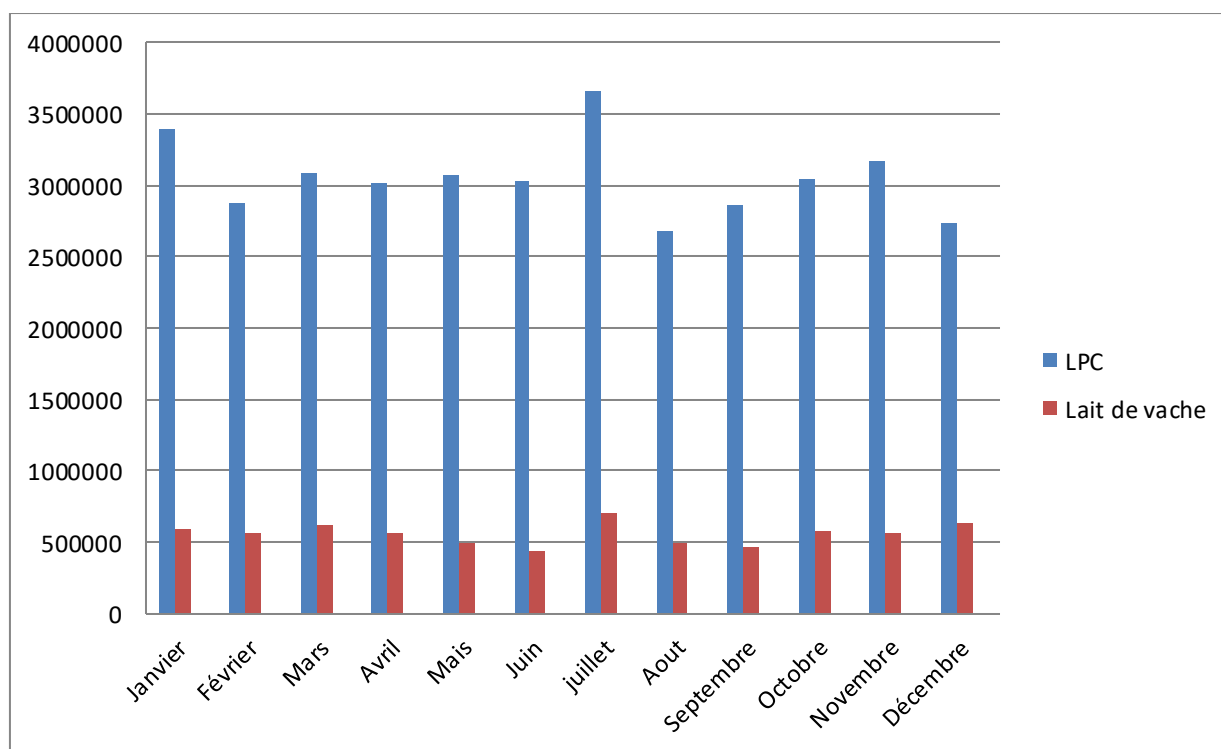
### 1.2. Discussion des résultats en 2017 :

Les résultats obtenus montrent que la production du lait reconstitué pasteurisé est très élevée par rapport au lait de vache pasteurisé durant tous les mois de l'année 2017.

On constate que la production de lait reconstitué pasteurisé n'a pas dépassé 3 millions de litres par mois sauf pour le mois d'Aout, où la production a atteint 3 933 750 litres. Et pour le lait de vache pasteurisé on remarque que la production atteint 406 605 litres au mois de Mai et de 292 430 litres au mois de septembre et dans l'intervalle de 315 575 litres et 390 235 litres pour les autres mois.

**Tableau 12:** La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2018

| Mois      | LPC (L)  | Lait de vache(L) |
|-----------|----------|------------------|
| Janvier   | 3393355  | 592240           |
| Février   | 2882738  | 572578           |
| Mars      | 3090828  | 620345           |
| Avril     | 3019684  | 571885           |
| Mai       | 3077225  | 493050           |
| Juin      | 3026050  | 445885           |
| juillet   | 3662535  | 704973           |
| Aout      | 2683625  | 499964           |
| Septembre | 2862845  | 464438           |
| Octobre   | 3045023  | 583316           |
| Novembre  | 3170830  | 571895           |
| Décembre  | 2740127  | 636135           |
| total     | 36654865 | 6756684          |



**Figure 05 :** Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2018

**1.3. Discussion des résultats en 2018 :**

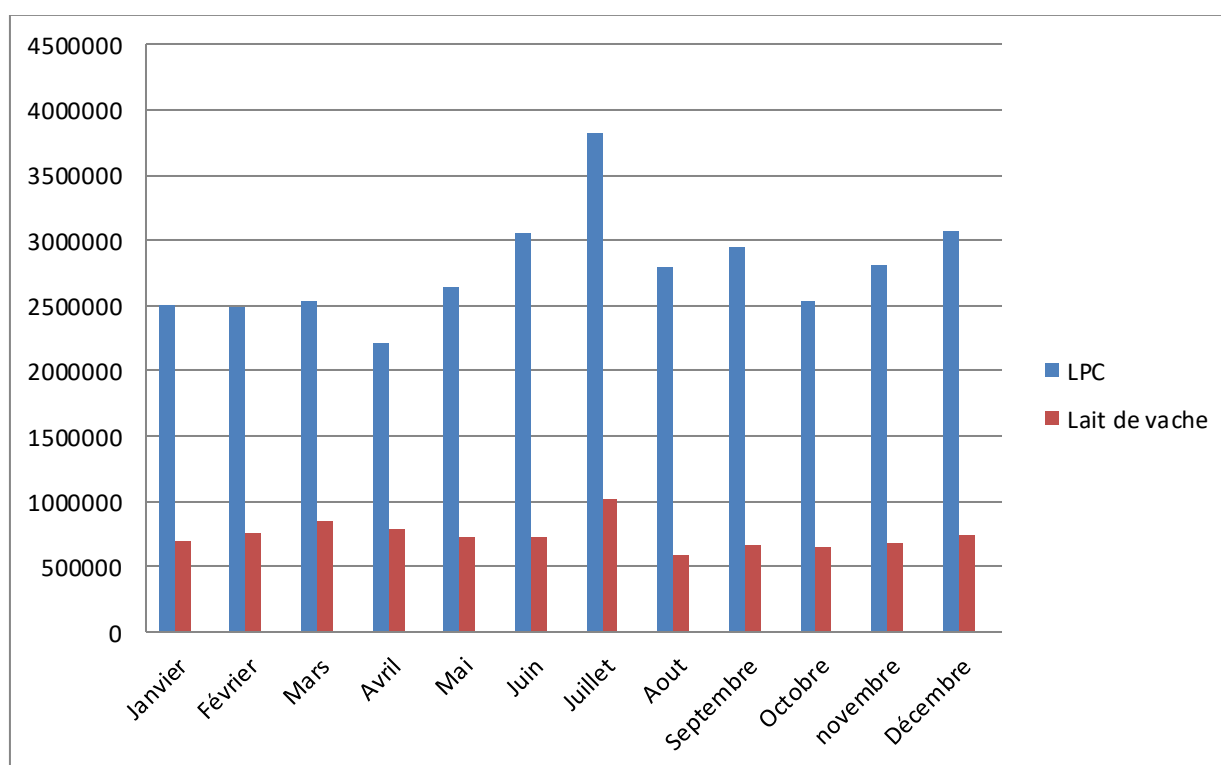
D’après ces résultats On remarque que la production du lait reconstitué pasteurisé est dépassé les 3 millions de litres durant les mois suivant : Janvier, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Octobre et Novembre et atteint 3662535 litres au mois de Juillet. Les autres mois restants la production est dans l’intervalle de 2683625 litres et 2882738 litres par mois



Pour le lait de vache pasteurisé on a remarqué que la production a dépassé 500000 litres/mois durant toute l'année 2018 et atteint 704973 litres au mois de Juillet sauf pour les 3 mois (Mai, Aout, Septembre) où la production du lait de vache pasteurisé est dans l'intervalle de 464438 litres et 499964 litres.

**Tableau 13:** La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2019

| Mois      | LPC(L)   | Lait de vache(L) |
|-----------|----------|------------------|
| Janvier   | 2510527  | 690663           |
| Février   | 2492890  | 751796           |
| Mars      | 2535589  | 843055           |
| Avril     | 2210475  | 787640           |
| Mai       | 2639230  | 728245           |
| Juin      | 3052505  | 732960           |
| Juillet   | 3818490  | 1013836          |
| Aout      | 2790465  | 584496           |
| Septembre | 2941640  | 664804           |
| Octobre   | 2531355  | 653219           |
| novembre  | 2811640  | 684835           |
| Décembre  | 3067781  | 736886           |
| Total     | 33402587 | 8872435          |



**Figure 06 :** Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2019

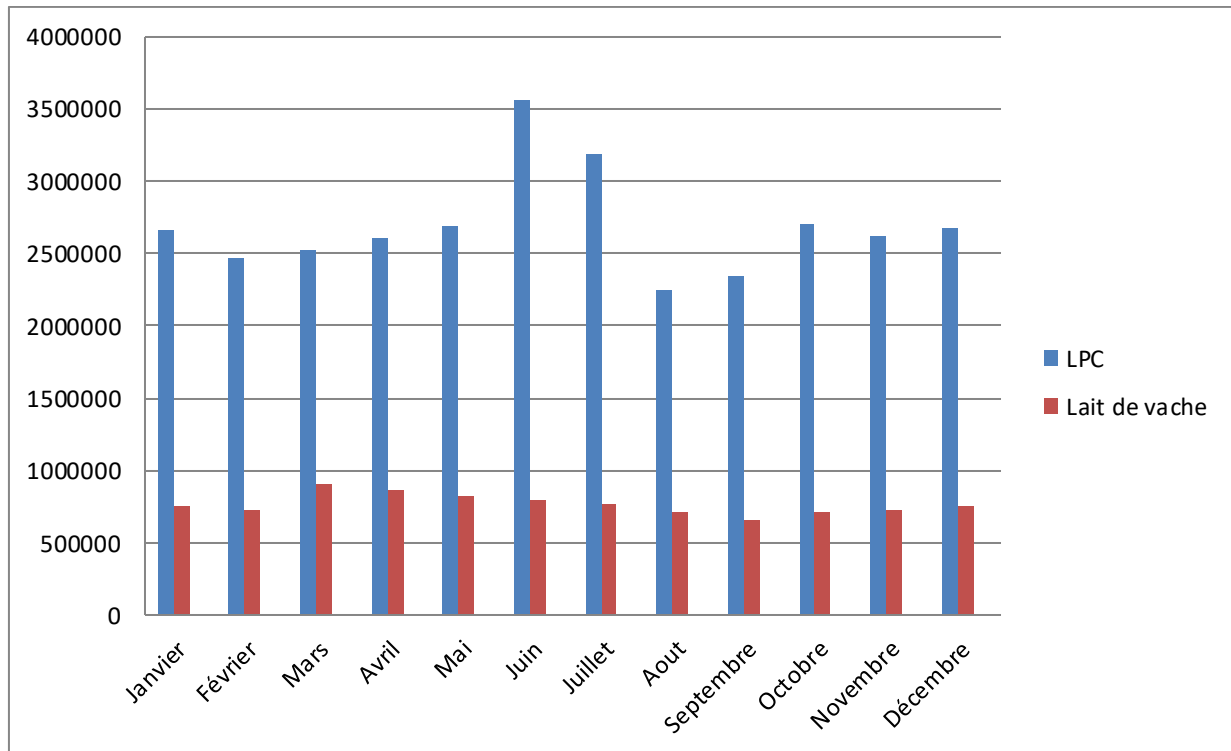
#### 1.4. Discussion des résultats en 2019 :

A la lumière de ces résultats on remarque que la production du lait reconstitué pasteurisé est élevée par rapport au lait de vache pasteurisé durant tous les mois de l'année 2019. En plus on remarque aussi qu'à l'exception du mois de Juin, Juillet et Décembre où la production est supérieure à 3 millions de litres/mois et atteint 3818490 litres au mois de Juillet et pour les autres mois la production du lait reconstitué pasteurisé est limité entre 2210475 litres à 2941640 litres.

En plus on constate que la production du lait de vache pasteurisé de cette année est élevée par rapport ou autre années où atteint 1013836 litres au de Juillet et comprise entre 584496 litres et 843055 litres pour les autres mois de cette année 2019.

**Tableau 14:** La production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2020

| Mois      | LPC (L)  | Lait de vache(L) |
|-----------|----------|------------------|
| Janvier   | 2662362  | 747075           |
| Février   | 2464840  | 727734           |
| Mars      | 2518592  | 912135           |
| Avril     | 2603841  | 864159           |
| Mai       | 2690797  | 821964           |
| Juin      | 3561515  | 800940           |
| Juillet   | 3191396  | 765180           |
| Aout      | 2241690  | 718405           |
| Septembre | 2346547  | 653246           |
| Octobre   | 2707195  | 704870           |
| Novembre  | 2621515  | 727860           |
| Décembre  | 2677080  | 747225           |
| Total     | 32287370 | 9190793          |



**Figure 07 :** Présentation de la production du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé en 2020

### 1.5. Discussion des résultats en 2020 :

D'après ces résultats reçus, On remarque que la production du lait reconstitué pasteurisé est élevée par rapport au lait de vache pasteurisé durant tous les mois de l'année 2020.

On remarque aussi que la production du lait reconstitué pasteurisé atteint 3561515 litres au mois de Juin et limité entre 2518592 litres et 3191396 litres pour les mois de Janvier, Mars, Avril, Mai, Juillet, Octobre, novembre, décembre. Et ne dépasse pas la limite de 2464840 litres pour les 3 mois restants.

Pour le lait de vache pasteurisé on observe que la production a dépassé la seille de 653246 litres pondant toute l'année 2020 et augmente jusqu'à 912135 litres au mois de Mars, mais pour les autres mois la production est comprise entre 704870 litres au mois d'octobre et 864159 litres au mois de Avril.

**CONCLUSION**  
**GENERALE**

## Conclusion Générale

---

### Conclusion :

Lors de cette enquête réalisé dans l'usine de groupe GIPLAIT SAIDA et d'après les résultats obtenus on a pu tirer les conclusions suivantes :

- ❖ La production du lait reconstitué pasteurisé est très élevée par rapport à la production du lait de vache pasteurisé durant tous les derniers cinq années (2016-2020) cela est dû à :
  - la production de lait de vache pasteurisé ne couvre pas les besoins du marché local.
  - le domaine de l'élevage de vache laitière en Algérie ne reçoit pas un soutien suffisant de l'état, et le soutien davantage orienté vers l'importation de lait en poudre.
  - le domaine de l'élevage de vache laitière en Algérie est pratiqué de manière traditionnelle.
  - la diminution de pouvoir d'achat de citoyen Algérien favorise la consommation du lait reconstitué pasteurisé qui est moins chère par rapport au lait de vache pasteurisé.
- ❖ La production du lait de vache pasteurisé et lait reconstitué pasteurisé pendant l'été atteint ses plus haut niveaux en raison de :
  - En plus de l'utilisation par les consommateurs, la consommation de lait est davantage orientée vers l'usage commercial tel que les cafétérias, les crèmeries, les pâtisseries.....etc.
  - La consommation du lait en été est augmenté par ce que le mois de Ramadan est rencontre la saison d'été durant les années de cette enquête.
- ❖ D'après les statistiques obtenues on constate que la production de lait de vache pasteurisé est augmentée de plus en plus surtout les deux années dernières à cause de l'encouragement de l'état de la filière d'élevages bovins laitiers en Algérie.

# La liste des références

**Alais, C. 1984.** Science du lait, principe des techniques laitière, Edition : la maison rustique. 500p

**AMEL DRIS, 2017** -Besoins de l'Algérie en lait : La production nationale stagne <http://lechodalgerie-dz.com/besoins-de-lalgerie-en-lait-la-production-nationale-stagne/>(Page consultée le 30/09/2018).

**Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In : Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.

**Bencini R. 2002.** Factors affecting the quality of ewe's Milk in Proc. 7<sup>th</sup> Great Lakes Dairy Sheep Symposium. Wisconsin, USA.

**Bernardeau, M., Vernoux, J.P., Henri-Dubernet, S., Gueguen, M., 2008.** Safety assessment of dairy microorganisms: The Lactobacillus genus. International Journal of Food Microbiology 126, 278-285.

**Beuvier, E., Feutry, F., 2005.** Quelques bases sur la microbiologie du lait et du fromage. <http://www.pole-fromager-aoc-mc.org/doc/Basesmicrobiologie.pdf>

**Bramley, A.J., McKinnon, C.H. 1990.** The microbiology of raw milk. In: Dairy Microbiology, Vol. 1 (ed. R.K. Robinson), pp. 163–208, Elsevier Applied Science, New York.

**Brew, K. 2003.**Lactalbumin. In: Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 387–419, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Brule, G, Lenoir J. 1987.** La coagulation du lait. In: Eck A., Le fromage. Lavoisier, Paris, 1987, 1-21.

**Casalta, E., Sorba, J.M., Aigle, M., Ogier, J.C., 2009.** Diversity and dynamics of the microbial community during the manufacture of Calenzana, an artisanal Corsican cheese. International Journal of Food Microbiology 133, 243-251.

**Cayot P., Lorient D. 1998.** Structures et technoformations des protéines du lait Technique & Documentation, Paris, 363p.

**Centeno, J.A., Menendez, S., Hermida, M., Rodriguez-Otero, J.L., 1999.** Effects of the addition of *Enterococcus faecalis* in Cebreiro cheese manufacture. *International Journal of Food Microbiology* 48, 97-111.

**Champagne, C.P., Laing, R.R., Roy, D. & Mafu, A.A. 1994.** Psychrotrophs in dairy products: their effect and their control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 1-30.

**Cocolin, L., Aggio, D., Manzano, M., Cantoni, C., Comi, G., 2002.** An application of PCR DGGE analysis to profile the yeast populations in raw milk. *International Dairy Journal* 12, 407-411.

**Cogan, T.M., Barbosa, M., Beuvier, E., Bianchi-Salvadori, B., Cocconcelli, P.S., Fernandes, I., Gomez, J., Gomez, R., Kalantzopoulos, G., Ledda, A., Medina, M., Rea, M.C., Rodriguez, E., 1997.** Characterization of the lactic acid bacteria in artisanal dairy products. *Journal of Dairy Research* 64, 409-421.

**Coiffier, O., 1992.** Les bactéries coliformes. In : les groupes microbiens d'intérêts laitiers CEPIL (ed), Paris, 303-323.

**Corroler, D., Desmasures, N., Guéguen, M., 1999.** Correlation between polymerase chain reaction analysis of the histidine biosynthesis operon, randomly amplified polymorphic DNA analysis and phenotypic characterization of dairy *Lactococcus* isolates. *Applied Microbiology and Biotechnology* 51, 91-99.

**Creamer, L.K. 2003.** Casein nomenclature, structure and association properties. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (eds H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), pp. 1895-1902, Academic Press, Amsterdam.

**Dalmasso, M., 2009.** Etude de l'influence du repiquage sur la complexité des lactosérums levains. Application aux modèles fromagers de type pâte pressée non cuite et de type mixte à dominante lactique. Thèse de Doctorat de Biologie Appliquée, Université de Savoie, 219p.

**De Buyser, M.L., Lapeyre, C., 1994.** Mammites à staphylocoques et sécurité alimentaire. *Le point vétérinaire*, 1994, 26, numéro spécial « Ruminants et santé publique », 79-82.

**De Cremoux, R., Barral, J., Beuvier, E., Callon, C., Gilbert, F., Montel, M.C., Raynal-Ljutovac, K., 2008.**Caractérisation et entérotoxigénicité des souches de S.aureus en filière caprine, identification des risques de contamination et étude d'outils de contrôle en vue de leur maîtrise, de la production à la transformation. Institut de l'Élevage, Paris. Compte rendu N° 150838016, 238 pages.

**De Kruijff, C.G., Holt, C. 2003.**Casein micelle structure, functions and interactions. In: Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 233–276, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Debry G., 2006.** Lait, nutrition et santé. Ed : tec et doc Lavoisier Paris. 566 p

**Deibel, R.H., 1964.**Group D streptococci. Bacteriological Reviews 28, 330-340

**Dellaglio F., DE Roissard H., Torriani S., Curk M.C. et Janssens D., 1994.** Caractéristiques générales des bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques (De Roissard H. et Luquet F.M.). Lorica, Uriage. 1: 25-116.

**Denis, C., Irlinger, F., 2008.**Safety assessment of dairy microorganisms: Aerobic coryneform bacteria isolated from the surface of smear-ripened cheeses. International Journal of Food Microbiology 126, 311-315.

**Desmazeaud, M., 1983.** L'état des connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques Current state of research on lactic acid bacteria nutrition. Le Lait. 63(629- 630), 50.

**Desmazeaud, M., 1992.**Les bactéries lactiques. In : les groupes microbiens d'intérêts laitiers CEPIL (Ed), Paris, 9-60.

**Devoyod, J.J., Poullain, F., 1988.**Les leuconostocs : propriétés, leur rôle en technologie laitière. Lait 68, 249–280.

**Dortu, C., Thonart, P., 2009.** Bacteriocins from lactic acid bacteria: interest for food products biopreservation. Biotechnologie Agronomie Societe Et Environnement 13, 143-154.

**EL- Hadi Djamel, Azzouz Akila et Chachoua Fadila, (2015).**Etude de la qualité physico - chimique deux types de laits reconstitués (pasteurisé et stérilisé), revue Agro biologia, (2015), volume 5(2). P : 47 54.



**Ennuyer M., Laumonier G., 2013.**VADE-MECUM de gestion de l'élevage bovin laitier Editions MED'COM, Paris, 478p.

**Fadda, M.E., Viale, S., Deplano, M., Pisano, M.B., Cosentino, S., 2010.** Characterization of yeast population and molecular fingerprinting of *Candida zeylanoides* isolated from goat's milk collected in Sardinia. *International Journal of Food Microbiology* 136, 376-380.

**Farkye, N.Y., Imafidon, G.I. (1995)** Thermal denaturation of indigenous milk enzymes. In: *heat- Induced Changes in Milk* (ed. P.F. Fox), Special Issue No. 9501, pp. 331–348, international Dairy Federation, Brussels.

**Fayolle L., 2015.**Le lactose, indicateur de déficit énergétique chez la vache laitière ?. Thèse de doctorat : sciences vétérinaires. Lyon : Campus vétérinaire de Lyon, 2015, 141 p.

**Florence C. L., 2010.**Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras.Voie d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorat : Faculté de médecine de Créteil. Créteil, 2010, 128 p.

**Fox, P.F. 2003a.**Milk proteins: general and historical aspects. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins*, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 1–48, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Fox, P.F. 2003b.** Indigenous enzymes in milk. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins*, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 467–471, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Frank, J.F. 1997.** Milk and dairy products. In: *Food Microbiology: Fundamentals and frontiers* (eds M.P. Doyle, L.R. Beuchat &T.J. Montville), ASM Press, Washington, DC.

**Frank, J.F., Hassan, A.N. 2003.**Microorganisms associated with milk. In: *Encyclopedia of dairy Sciences* (eds H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), Academic Press, London.

**Fröhlich-Wyder, MT., 2003** Yeasts in dairy products. *Yeasts in Food – Beneficial and detrimental Aspects.* BoekhoufT et RobertV, eds, pp. 209 – 237. Behr's Verlag, Hamburg.

**Fusch G., Choi A., Rochow N., Fusch C. 2011.**Quantification of lactose content in human and cow's milk using UPLC-tandem mass spectrometry *Journal of Chromatography B*, 879, 3579-3762.

**GIPLAIT** : <https://www.giplait.dz/spip.php?article12> (page consultée le 14/06/2021)

**Goursaud J., 1999.** Coagulation enzymatique du lait. In : Scriban R. Biotechnologie. Lavoisier, Paris, 1999, 365-401.

**Grappin, R., Rank, T.C., Olson, N.F., 1985.** Primary proteolysis of cheese proteins during ripening - a review. Journal of Dairy Science 68, 531-540.

**Gutiérrez-Mendez, N., Vallejo-Cordoba, B., Gonzalez-Cordova, A.F., Nevarez Moorillon, G.V., 2007.** Evaluation of aroma generation of *Lactococcus lactis* with an electronic nose and sensory analysis. Journal of Dairy Science 91, 49-57.

**Holt, C. 1992.** Structure and stability of bovine casein micelles. Advances in Protein Chemistry, 43, 63–151.

**Horne, D.S. 1998.** Casein interactions: casting light on the Black Boxes, the structure in dairy products. International Dairy Journal, 8, 171–177.

**Horne, D.S. 2003.** Caseins, micellar structure. In: Encyclopedia of Dairy Science (eds. H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), pp. 1902–1909, Academic Press, Amsterdam.

**Huppertz T., Kelly A.L. 2009.** Properties and Constituents of Cow's Milk In: TAMIME A.Y. (eds). Milk Processing and Quality Management Wiley-Blackwell, Chichester UK, Malden MA, 23-47

**INRA. 1987.** Le lait matière première de l'industrie laitière INRA-CEPIL, Paris, 1987.

**Jeanson, S., 2000.** La maturation du lait dans la fabrication de fromages à pâte pressée cuite : le rôle des lactocoques. Thèse de doctorat de l'université de Dijon, France. 243p.

**Jensen R.G. 1995.** Handbook of milk composition Academic Press, San Diego, London, 947 p.

**Kacimi El Hassani S., 2013.** La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? Mediterranean Journal of Social Sciences Vol 14, N° 11, 152-158.

**Kandler, O., Weiss, N., 1986.** Genus *Lactobacillus*. In Tormo 2010. In: Bergey's Manual of systematic Bacteriology. vol 2. P.H.A, Sneath., N.S, Mair., Sharpe, M.E., Holt, J.G (Ed). Williams and Wilkins, Baltimore, M.D.

**Keenan, T.W., Patton S. 1995.**The milk lipid globule membrane. In: JENSEN, RG Handbook of milk composition. Academic Press, San Diego, 1995, 5-50.

**Kelly, A.L., McSweeney, P.L.H. 2003.**Indigenous proteinases in milk. In: Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 495–521, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Klaenhammer, T.R., 1993.** Genetics of bacteriocins produced by lactic-acid bacteria. FEMS microbiology Reviews12, 39-86.

**Kure, C.F., Skaar, I., Brendehaug, J., 2004.** Mould contamination in production of semi-hard cheese. International Journal of Food Microbiology 93, 41-49.

**Lamprell, H., 2003.** Production des entérotoxines dans les fromages en fonction de la diversité phénotypique et génétique des souches de *Staphylococcus aureus*. Thèse de doctorat de l'Université de Bourgogne.190p.

**Mahaut M., Jeantet R., Brule G. 2003.** Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.

**Mallet, A., Guéguen, M., Desmasures, N., 2010. In Tormo 2010** Etat des lieux de la diversité microbienne quantitative et qualitative de laits crus normands destinés à la transformation fromagère. 8ème Congrès National de la SFM, 2-4 juin 2010, Marseille.

**Mansour L. M.** Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. Thèse de doctorat : Production Animale. Sétif : Université de Ferhat Abbas, 2015, 190 p.

**Martin, P., Ferranti, P., Leroux, C et Addeo, F. (2003)** Non-bovine caseins: qualitative variability and molecular diversity. In: Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 277–318, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Mathieu J., 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Techniques et Documentation– Lavoisier, Paris, 220 p.

**Muir, D.D. 1996.**The shelf life of dairy products: I. Factors influencing raw milk and fresh products. Journal of the Society of Dairy Technology, 49 (1), 24–32.

**Nedjraoui D., 2001.** Profil fourrager. Edition INRA (Alger), 37p.

**Neviani, E., Mucchetti, G., 1982.** Role of enterococci in Italian cheese .3. Their development and activity in cheese with ripening media. *Latte* 7, 902-907.

**Ng-Kwai-Hang, K.F. 2003.** Milk proteins: heterogeneity, fractionation and isolation. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (eds H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), pp. 1881-1894, Academic Press, Amsterdam.

**Nielsen S.S. 2003.** Plasmin system in milk. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (eds H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), pp. 929–934, Academic Press, Amsterdam.

**O’Connell J.E., Fox P.F. 2003.** Heat-induced coagulation of milk. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins* (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 879–945, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Ogier, J.C., Serror, P., 2008.** Safety assessment of dairy microorganisms: The *Enterococcus* genus. *International Journal of Food Microbiology* 126, 291-301.

**Olivecrona, T., Vilaro, S. & Olivecrona, G. (2003)** Lipases in milk. In: *Advanced Dairy chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn* (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 473–494, kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.

**Park, Y.J., Oh, E-J., Kim, B K., Kim, S M., In Shim, S., 1999.** Phenotypic characteristics of *Enterococcus faecium* variants confirmed by intergenic ribosomal polymerase chain reaction and *E. faecium* polymerase chain reaction. *Diagnostic Microbiology and Infectious disease* 34, 269-273.

**Pereira P.C. 2014.** Milk composition and its role in human health *Nutrition*, 30, 619-627.

**Perreau J.M. 2014.** Conduire son troupeau de vaches laitières Editions France Agricole, Paris, 403p

**Pilet M.F., Magras C., Federigh M., 2005.** Bactéries lactiques. In : *bactériologie alimentaire* (Federighi M.). 2e Ed., Economica. Paris. 219-240.

**Pointurier H., Adda J. 1969.** Beurrerie industrielle. La Maison Rustique, Paris, 1969.

**Pottier, I., Gente, S., Vernoux, J.P., Gueguen, M., 2008.** Safety assessment of dairy microorganisms: *Geotrichum candidum*. *International Journal of Food Microbiology* 126, 327-332.

**Pruitt, K. 2003.** Lactoperoxidase. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins*, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 563–570, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York

**Ratray, W, Gallman, P, Jelen, P. 1997.** Nutritional, sensory and physicochemical characterization of protein standardized UHT milk. *Le Lait*, 1997, 77: 279-296.

**Richard, J., 1983.** Composition of dominant and subdominant flora of milk of poor bacteriological quality. *Lait* 63, 148-170.

**Roca-Fernandez A.I. 2014.** Animal factors condition milk performance and quality of grazing dairy cows *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4(1), 1-20

**Rochat, T., Gratadoux, J.J., Gruss, A., Corthier, G., Maguin, E., Langella, P., van de Guchte, M., 2006.** Production of a heterologous nonheme catalase by *Lactobacillus casei*: an efficient tool for removal of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and protection of *Lactobacillus bulgaricus* from oxidative stress in milk. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 5143-5149.

**Rosen, B., Merin, U. & Rosenthal, I. 1989.** Evaluation of clostridia in raw milk. *Milchwissenschaft*, 44, 355–357.

**Sandra I. A. S. P. 2001.** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse de doctorat : sciences vétérinaires. Toulouse : Ecole nationale vétérinaire, 2001, 102p.

**Saubusse, M., Millet, L., Delbes, C., Callon, C., Montel, M.C., 2007.** Application of Single strand Conformation Polymorphism - PCR method for distinguishing cheese bacterial communities that inhibit *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology* 116, 126-135.

**Sawyer, L. 2003.**  $\alpha$ -Lactoglobulin. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins*, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 319–386, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Schleifer K.H., 1987.** Recent changes in the taxonomy of lactic acid bacteria. FEMS microbiol. Letters. 46 : 201-203.

**Shakeel-Ur-Rehman & Farkye, N.Y. (2003)** Lactoperoxidase. In: Encyclopedia of Dairy sciences (eds H. Roginski, J.W. Fuquay & P.F. Fox), pp. 938–941, Academic Press, amsterdam.

**Shelley, A.W., Deeth, H.C. & MacRae, I.C. 1987.** A numerical taxonomic study of psychrotrophic bacteria associated with lipolytic spoilage of raw milk. Journal of Applied bacteriology, 62, 197 – 207.

**Sorhaug, T. 1992.** Temperature control. In: Encyclopedia of Microbiology, Vol. 4 (ed. J. lederberg), pp. 201–211, Academic Press, London.

**Stiles M.E., Holzapfel W.H., 1997.** Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. int. J. Food Microbiol. 36 : 1-29.

**Suhren, G. 1989.** Producer microorganisms. In: Enzymes of Psychrotrophs in Raw Food (ed. R.C. McKellar), pp. 3–34, CRC Press, Boca Raton, FL.

**Swaisgood, H.E. 2003.** Chemistry of caseins. In: Advanced Dairy Chemistry, Volume 1: Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), pp. 139–202, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

**Tamime Y.A., 2009.** Milk processing and quality management. Blackwell Publishing L.td. ISBN: 978-1-405-14530-5.

**Torkar, K.G., Vengust, A., 2008.** The presence of yeasts moulds and aflatoxin M-1 in raw milk and cheese in Slovenia. Food Control 19, 570-577.

**Tormo H., 2010.** Diversité des flores microbiennes des laits crus de chèvre et facteurs de variabilité. Thèse de doctorat. Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition. Toulouse : université de Toulouse. 2010, 258p.

**Tormo, H., Ali haimoud - Lekhal, D., Laithier, C., 2006.** Les microflore utiles des laits crus de vache et de chèvre : principaux réservoirs et impact de certaines pratiques d'élevage. 13ème Rencontre Recherche Ruminants. Institut de l'Élevage-INRA, 305-308.

**Van Boekel, M.A.J.S. 1999.** Heat-induced deamidation, dephosphorylation and breakdown of caseinate. *International Dairy Journal*, 9, 237–241.

**Vandamme, P., Pot, B., Gillis, M., de Vos, P., Kersters, K., Swings, J., 1996.** Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. *Microbiol. Rev.* 60(2), 407- 438.

**Vasavada, P.C. et Cousin, M.A. 1993.** Dairy microbiology and safety. In: *Dairy Science and technology Handbook*, Vol. 2: Product Manufacturing, (ed. Y.H. Hui), pp. 301–426, VCH publishers, New York.

**Vedamuthu, E.R., 1994.** The dairy *Leuconostoc* - use in dairy-products. *Journal of Dairy science* 77, 2725-2737.

**Vignola C., 2010.** Sciences et technologie du lait, transformation du lait. Ed 2. Press polytechnique de Montréal. 2010. 608 p. ISBN-10 : 2553015526.

**Voet D. et Voet J.G. 2005.** Biochimie, 2e Edition De Boeck & Larcier, Bruxelles, 1585 p.

**Walstra, P., 1978.** The milk fat globule natural and synthetic, XX International Dairy Congress, Paris, International Dairy Federation, Brussels, 75 5T, 1978, 1-18.

**Walstra, P., Wouters, J.T.M. et Geurts, T.J. 2006.** Dairy Science and Technology, 2nd edn, CRC Press, Boca Raton, FL.

**Yabrir B.** Etude de la qualité du lait de brebis collecté dans la région de Djelfa: effet des facteurs de production sur ses caractéristiques, évolution au cours de l'entreposage réfrigéré, aptitude technologiques. Thèse de doctorat : Biochimie-Microbiologie. Tizi-Ouzou : université Mouloud Mammeri, 2014, 198 p.

**Yennek B. 2010.** Effet des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Thèse de magister. Alimentation animale et produits animaux. Tizi-Ouzou. Université de Mouloud Mammeri, 2010, 141 p.