



**Institut des Sciences
Vétérinaires-Blida**

**Université Saad
Dahlab-Blida 1-**



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Etude bibliographique sur les facteurs de variation
de la qualité physico-chimique du lait de vache**

Présenté par

MELHA Hania
BOUGARA Bouchra

Devant le jury :

Président(e) : MEBKHOUT F	MCB	ISV.Blida
Examinatrice: TARZAALI D	MAA	ISV.Blida
Promotrice : ABDELLAOUI L	MAA	ISV.Blida

Année: 2019 /2020

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice, **Mme Abdellaoui Lynda** de nous avoir encadré et d'avoir dirigé ce présent travail.

Nos reconnaissances, et nos sincères remerciements vont à Madame la présidente, **MEBKHOUT F** et Madame l'examinatrice **TARZAALI D** pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous exprimons tous notre dévouement et gratitude à **nos chers enseignants** qui nous ont prodigués tout leur savoir.

Enfin, je remercie, tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire A :

A ma chère mère Khial Malika, la femme la plus proche de mon cœur, celle qui m'a aimé et m'a toujours encouragé. Merci maman, que Dieu t'accorde la santé et la longévité.

A mon très cher père Mohammed, l'homme qui m'a toujours fait confiance et qui me pousse toujours vers l'avant. Ses encouragements pérennes m'ont été d'un grand apport dans ma vie, merci pour les nombreux conseils, Papa.

Je souhaite que ce mémoire soit le témoignage de leur propre réussite.

A ma chère sœur Youstra ;

A mes chers frères Ilyes et Souhil ;

A mon cher mari : Anas BARDAD, merci pour ton soutien;

En signe d'amitié sincère, à mon binôme : Hania MELHA ;

A toute ma famille

BOUGARA Bouchra



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mon père Ahmed Drifet

à ma **mère Fatima Zohra** Bougara

En témoignage de mon affection et de ma profonde reconnaissance.

A ma grand-mère :Nacera Djouadi

Je prie DIEU le tout Puissant, le Clément et le Miséricordieux pour
que ton âme repose en paix !

A mes tantes :

Fayza, Mina, Hafida et Feth Ezhar

Pour votre soutien inestimable.

A mes frères et chère sœur Naila :

Gage de mon amour personnel.

A toute la famille

Bougara, Melha et la famille Drif

Qu'Allahvous protège et vous prête la bonne santé et une longue vie.

A mon amie : Bougara Bouchra

Pour le soutien moral et les moments agréables passés avec toi.

A l'Algérie :

À qui je souhaite paix et prospérité.

MELHA Hania

RÉSUMÉ

De nombreuses études se sont focalisées sur le lait de vache, ils montrent que le lait de vache est un mélange de graisses, de protéines, de glucides, de minéraux, de vitamines et d'autres substances mineures dissoutes dans l'eau. La consommation quotidienne d'un litre (1,14 litre) de lait fournit approximativement les besoins quotidiens en matières grasses, calcium, phosphore, riboflavine, la moitié des protéines, un tiers de la vitamine A, l'acide ascorbique et la thiamine. Deux facteurs majeurs régissent le lait de vache. Le premier est directement associé à l'hétérogénéité des compositions du lait cru, influencé par plusieurs facteurs tels que la zone géographique, les facteurs reproductifs ou nutritionnels et les conditions climatiques tandis que le second est essentiellement lié à des procédures hygiéniques entraînant une charge microbienne importante affectant ainsi la qualité hygiénique et représentant un sérieux problème pour la santé humaine. La qualité du lait aura tendance à varier en fonction de l'individu et des différentes industries ou encore sur la base de caractéristiques organoleptiques ou même visuelles tandis que d'autres utiliseront des critères analytiques quantitatifs, tels que la teneur en protéines et en matières grasses où le niveau de contamination du lait par des microorganismes (transformation laitière).

Dans l'industrie laitière, les critères chimiques et physiques ainsi que les critères d'hygiène sont les trois paramètres fondamentaux connus pour décrire la qualité du lait. Alors que les critères physiques sont le plus souvent associés à l'acidité, la densité et la température du lait

Mots clés: Lait cru, qualité du lait, analyse physico-chimique

SUMMARY

Many studies have focused on cow's milk; they show that cow's milk is a mixture of fats, proteins, carbohydrates, minerals, vitamins and other minor substances dissolved in water. Daily consumption of one liter (1.14 liters) of milk provides approximately the daily requirement for fat, calcium, phosphorus, and riboflavin, half the protein, one third of the vitamin A, ascorbic acid and thiamine. Two major factors govern cow's milk. The first is directly associated with the heterogeneity of the compositions of raw milk, influenced by several factors such as geographic area, reproductive or nutritional factors and climatic conditions while the second is essentially linked to hygienic procedures leading to a significant microbial load, thus affecting the hygienic quality and representing a serious problem for human health. The quality of milk will tend to vary depending on the individual and different industries or based on organoleptic or even visual characteristics while others will use quantitative analytical criteria, such as protein and fat content. Where the level of contamination of milk by microorganisms (dairy processing).

In the dairy industry, chemical and physical criteria as well as hygiene criteria are the three fundamental parameters known to describe the quality of milk, while the physical criteria are most often associated with the acidity, density and temperature of milk.

Key words: Raw milk, milk quality, physico-chemical analysis.

ركزت العديد من الدراسات على حليب البقر أظهروا أن حليب البقر هو خليط من الدهون والبروتينات والكربوهيدرات والمعادن والفيتامينات والمواد الثانوية الأخرى الذائبة في الماء. يوفر الاستهلاك اليومي لتر واحد (1.14) من الحليب الاحتياجات اليومية تقريباً من الدهون والكالسيوم والفوسفور والريبوفلافين ونصف البروتين وثلث فيتامين أ وحمض الأسكوربيك والثيامين. هناك عاملان رئيسيان يتحكمان في حليب البقر يرتبط الأول ارتباطاً مباشراً بعدم تجانس تركيبات الحليب الخام ، ويتأثر بعدة عوامل مثل المنطقة الجغرافية ، والعوامل الإنجابية أو التغذية والظروف المناخية ، بينما يرتبط الثاني بشكل أساسي بالإجراءات الصحية التي تؤدي إلى حمل جرثومي كبير ، وبالتالي يؤثر على الجودة الصحية وتمثل مشكلة خطيرة على صحة الإنسان. تميل جودة الحليب إلى الاختلاف اعتماداً على الصناعات الفردية والمختلفة أو بناءً على الحسية أو حتى البصرية بينما يستخدم البعض الآخر معايير تحليلية كمية ، مثل محتوى البروتين والدهون يكون مستوى تلوث الحليب بالكائنات الحية الدقيقة (تصنيع الألبان) حيث

في صناعة الألبان، تعتبر المعايير الكيميائية والفيزيائية وكذلك معايير النظافة هي المعايير الأساسية الثلاثة المعروفة لوصف جودة الحليب. في حين أن المعايير الفيزيائية ترتبط في الغالب بحموضة الحليب وكثافته ودرجة حرارته.

الكلمات المفتاحية: حليب الخام ، جودة الحليب ، التحليل الفيزيائي والكيميائي.

TABLES DES MATIERES

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Chapitre I: Le lait de vache

<i>Introduction.....</i>	<i>1</i>
<i>I.1. Généralités sur le lait.....</i>	<i>2</i>
<i>I.2. Définition du lait.....</i>	<i>3</i>
<i>I.3. Les caractères nutritionnels du lait.....</i>	<i>3</i>
<i>I.4. La composition chimique du lait</i>	<i>4</i>
<i>I.5. Les structures et les propriétés générales des constituants du lait</i>	<i>5</i>
<i>I.5.1. L'eau.....</i>	<i>5</i>
<i>I.5.2. Matières azotées et protéines.....</i>	<i>6</i>
<i>I.5.3. Protéines solubles.....</i>	<i>7</i>
<i>I.5.4.Matière azoté non protéique</i>	<i>8</i>
<i>I.5.5. La matière grasse.....</i>	<i>8</i>
<i>I.5.6. Les glucides.....</i>	<i>9</i>
<i>I.5.7. Les minéraux</i>	<i>9</i>
<i>I.5.8. Les vitamines.....</i>	<i>10</i>
<i>I.5.9. Les enzymes.....</i>	<i>12</i>
<i>I.5.10. Les hormones.....</i>	<i>12</i>
<i>I.5.11. La flore originelle.....</i>	<i>12</i>

Chapitre II : Caractéristiques et variation du lait

<i>II.1. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait</i>	<i>13</i>
<i>II.2.1. Caractéristiques organoleptiques</i>	<i>13</i>
<i>II.1.1.1. Couleur</i>	<i>13</i>
<i>II.1.1.2. Odeur</i>	<i>13</i>
<i>II.1.1.3. Saveur</i>	<i>13</i>
<i>II.1.1.4. Viscosité</i>	<i>13</i>
<i>II.1.1.5. Flaveur</i>	<i>13</i>
<i>II.2 .Caractéristiques physico-chimiques</i>	<i>14</i>
<i>II.2 .1. La masse volumique du lait.....</i>	<i>14</i>

<i>II.2 .2. L'acidité</i>	<i>14</i>
<i>II.2 .3. Le pH.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2 .4. Le point de congélation.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2 .5. Le point d'ébullition.....</i>	<i>15</i>
<i>II.3. Les composants chimiques indésirables du lait</i>	<i>15</i>
<i>II.3.1. Antibiotiques.....</i>	<i>16</i>
<i>II.3.2. Pesticides.....</i>	<i>16</i>
<i>II.3.3. Métaux</i>	<i>16</i>

Chapitre III : les facteurs influençant les caractères physico-chimiques du lait

<i>III.1. Facteurs de la variation du lait.....</i>	<i>17</i>
<i>III.1.1. Variabilité génétique entre l'individu.....</i>	<i>17</i>
<i>III.1.2. Stade de lactation.....</i>	<i>17</i>
<i>III.1.3. Age ou numéro de lactation.....</i>	<i>18</i>
<i>III.1.4. État sanitaire.....</i>	<i>18</i>
<i>III.2. Facteurs extrinsèques.....</i>	<i>18</i>
<i>III.2.1. Alimentation.....</i>	<i>18</i>
<i>III.2.2. Saison et climat.....</i>	<i>19</i>
<i>Conclusion Générale.....</i>	<i>20</i>

Liste des tableaux		
Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache	04
Tableau 2	Composition moyenne des principaux constituants majeurs du lait de vache	05
Tableau 3	Composition moyenne et distribution des protéines du lait de vache	06
Tableau 4	Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100 g de matière grasse)	09
Tableau 5	Constituants majeurs des matières salines du lait de vache (g/litre)	10
Tableau 6	Teneur moyenne des principales vitamines du lait de vache	11
Tableau 7	Caractéristiques des principaux enzymes du lait	12
Tableau 8	Flore originelle du lait	12
Tableau 9	Effet de facteurs de variation sur la teneur en Protéines du lait	19

Liste des figures		
Figure	Titre	Page
Figure 1	Représentation de la micelle de caséine avec sous unités	7
Figure 2	Composition de la matière grasse du lait	8

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ANP	Matière Azoté non protéique
°C	Degré Celsius
CIPC	Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles
DASP	Direction de l'Appui au Secteur Privé
°D	Degré Dornic.
D°	Degré <i>Celsius</i>
FAO	Food and Agricultural Organization.
MG	matière Grasse.
MS	matière solide.
Mg	Milligramme
ml	Millilitre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
pH	Potentiel d'Hydrogène
T	Température.
t	Temps
TB	Taux butyreux.
TP	Taux Protéique
μ	Micro.

INTRODUCTION

S'il existe un domaine où l'analyse du contrôle de la qualité est un besoin fondamentale, c'est bien celui des produits alimentaires en général et du lait en particulier. La transformation laitière, qu'elle porte sur du lait cru ou la poudre de lait importée, est liée à une hygiène stricte tout au long de la chaîne.

Les produits laitiers contribuent à l'équilibre nutritionnel de l'être humain, tant en milieu rural qu'en milieu urbain. Sources importantes en protéines, ils contribuent à environ 14% des protéines et 20% des calories provenant des produits animaux (Hesseling, 1985).

L'Algérie est le plus important consommateur de lait au Maghreb, avec une consommation moyenne de 110 litres par habitant et par an, estimée à 115 litres en 2010 (FAO, 2007).

La production nationale de lait a atteint 3,52 milliards de litre en 2017 dont plus de 2,58 milliards de litre de lait de vache (73%), a indiqué un communiqué du ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche (APS, 2018).

Le lait est un produit à haute valeur nutritive, sa composition et ses propriétés physico-chimiques en font un milieu très favorable au développement des microorganismes (Faye et Loiseau, 2002). Les principaux dangers sont d'ordre microbiologique et physico-chimique. Ils peuvent survenir avant la traite, pendant la traite, le transport ou lors de la transformation. La qualité sanitaire du lait cru est un sujet de premier ordre, tant pour des raisons socio-économiques que sanitaires.

Le lait est caractérisé pour ses mérites diététiques et sanitaires; on le recommande aisément chez les jeunes individus ; les vieillards, les malades, les convalescents. Il est étonnant que l'on puisse mettre en doute sa parfaite innocuité et que l'alimentation de la vache en soit la cause.

La qualité du lait concerne sa faculté de conservation et son aptitude à être transformé avec un bon rendement en dérivés également sains, savoureux, de haute valeur nutritionnelle (Wolter et Ponter, 1988).

L'étude réalisée est focalisée sur l'étude bibliographique englobant des généralités ainsi que les différents paramètres et qualités physico-chimiques du lait cru de vache.

Chapitre I: Le lait de vache

I-Généralités sur le lait

Le lait est un aliment complet capable de fournir à l'organisme tous les éléments essentiels et nécessaires à sa croissance et à son développement (Anonyme, 1995)

Le lait de vache est un complexe de mélange de graisses, protéines, glucides, minéraux, vitamines et autres substances mineures dissous dans l'eau.(HARDING, 1995). Le lait est un élément important faisant partie du régime alimentaire humain et l'importance nutritionnelle du lait ressort que la consommation quotidienne d'un litre (1,14 litre) de lait fournit à peu près les besoins quotidiens en matières grasses, calcium, phosphore, riboflavine, la moitié des protéines, un tiers de la vitamine

I.1. Définition du lait

Le lait est un liquide opaque blanc mat, plus au moins jaunâtre selon la teneur en matière grasse et en bêta carotène, d'odeur peu marquée et au goût doux. Il est sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. Selon le congrès international de la répression des fraudes à Genève : « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Alias, 1975).

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

Le lait contient des nutriments essentiels, il est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Il peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement thermique (chauffage), il s'agit du lait tel qu'il sort du pis des animaux et n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Ce dernier cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes).

Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (Fredot, 2005).

Le lait d'origine animal peut jouer un rôle important dans l'alimentation des enfants dans les populations ne bénéficiant que d'un très faible apport en lipides et ayant un accès limité aux autres aliments d'origine animale.

L'espèce de l'animal laitier, la race, l'âge et l'alimentation, ainsi que le stade de lactation, la parité (nombre de parturitions), le système d'exploitation, l'environnement physique et la saison influencent la couleur, la saveur et la composition du lait et permettent de produire une variété de produits laitiers:

Les matières grasses constituent environ 3 à 4 pour cent des solides du lait de vache, les protéines environ 3,5 pour cent et le lactose 5 pour cent, mais la composition chimique brute du lait de vache varie en fonction de la race. Par exemple, la teneur en matière grasse est généralement plus élevée chez les bovins notamment l'espèce *Bos indicus* que chez *B. taurus*. La teneur en matière grasse du lait de bovin *B. indicus* peut atteindre 5,5 pour cent. (FAO, 2010).

I.2. Caractères nutritionnels du lait

L'homme a commencé à boire du lait dès qu'il a pu y avoir accès. C'est-à-dire quand il est devenu éleveur et qu'il a su domestiquer des animaux (Soustre, 2008).

Le lait contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique. Le lait et les produits laitiers sont des aliments nutritifs et leur consommation permet de diversifier les régimes à base de plantes. Le lait d'origine animal peut jouer un rôle important dans l'alimentation des enfants dans les populations ne bénéficiant que d'un très faible apport en lipides et ayant un accès limité aux autres aliments d'origine animale (FAO, 2010).

I.3. Analyse détaillée de la composition du lait de vache

Le lait présente des caractéristiques liées à sa nature biologique, à savoir: variabilité, complexité, hétérogénéité et altérabilité. Les éléments les plus constants de sa composition méritent d'être signalés en premier et, ensuite, les fluctuations rencontrées seront associées aux facteurs qui les engendrent (FAO, 1995).

Le lait est un système complexe constitué d'une solution colloïdale, d'une suspension colloïdale et d'une émulsion (Remana, 2013) :

:

- Une solution vraie est un mélange de substances liquides en solides solubilisées, appelées solutés, dans un solvant liquide.
- Une suspension colloïdale est un mélange constitué d'une phase dispersée solide non solubilisée, présente sous forme de très fines particules solides dans une phase dispersante liquide (S/L) : quand les particules ont beaucoup d'affinité pour la phase aqueuse.
- Une émulsion consiste en un mélange d'une phase dispersée liquide non solubilisée présente sous forme de très fines gouttelettes, dans une phase dispersante liquide

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache (Alais, 1984.)

Constantes	Moyennes	Valeurs extrêmes
Energie		
(kcal/litre)	701	587-876
(MJ/litre)	2 930	2 454-3 662
Densité du lait entier à 20 °C	1,031	1,028-1,033
Densité du lait écrémé	-	1,036
Densité de la matière grasse	-	0,94-0,96
pH à 20°C	6,6	6,6-6,8
Acidité titrable (°Dornic) ^a	16	15-17
Point de congélation (°C)	-	-0,520-0,550
Chaleur spécifique du lait entier à 15 °C	0,940	-
Chaleur spécifique du lait écrémé à 15 °C	0,945	-
Tension superficielle du lait entier à 15 °C (dynes/cm)	50	47-53
Tension superficielle du lait écrémé à 15 °C (dynes/cm)	55	52-57
Viscosité du lait entier à 20 °C (centipoises)	2,2	-
Viscosité du lait entier à 25 °C (centipoises)	1,8	1,6-2,1
Viscosité du lait écrémé à 20 °C (centipoises)	1,9	-
Conductivité électrique à 25°C (siemens) ^b	45 x 10 ⁻⁴	40 - 50 x 10 ⁻⁴
Point d'ébullition (°C)	-	100,17- 100,15
Potentiel d'oxydoréduction	0,25 V	+0,20-+30
Point de fusion des graisses (°C)	36	26-42

^a 1° D = 0, 1 g d'acide lactique/litre

^b Autrefois mhos

I. Principaux constituants du lait par ordre croissant

- L'eau, très majoritaire,
- Les glucides principalement représentés par le lactose,
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras,
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire,
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles,
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments (Pougheon et Goursaud, 2001)

Tableau 2 : Composition moyenne des principaux constituants majeurs du lait de vache (g/litre) (Alais, 1984).

Constituants	Moyennes
Matières azotées	34
Lactose	48
Matières salines	9
Extrait sec dégraissé	91
Matières grasses	37
Extrait sec total	128
Eau libre (solvant) et liée	902
Lait entier	1 030

I.5. Structures et propriétés générales des constituants du lait

I.5.1. Eau

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

I.5.2. Matières azotées et protéines

Les matières azotées, protides ou protéines du lait constituent un ensemble complexe (Withney et *al.*, 1976) dont la teneur totale avoisine 35 g/litre. Ce taux est élevé en comparaison des quantités présentes dans le lait de femme (environ 12 g/litre).

Tableau3 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait de vache (Renner, 1983).

Protéines	Moyennes absolues (g/litre)	Moyennes Relatives (%)
Protides totaux ou matières azotées totales	34	100
Protéines	32	94
Protéines non solubles ou caséine entière	26	82
caséine a	12	46
caséine β	9	35
caséine k	35	13
Caséine	15	6
Protéines solubles	6	18
-lactoglobuline	2.7	45
-lactalbumine	15	25
Sérum-albumine	0.3	5
Globulines immunes	0.7	12
Protéoses peptones	0.8	13
Substances azotées non protéiques	2	6

Les protéines représentent 95 pour cent environ des matières azotées et sont constituées soit d'acides aminés seulement (β -lactoglobuline, alfa lactalbumine), soit d'acides aminés et d'acide phosphorique (caséines a et β -) avec parfois encore une partie glucidique (caséine K). Une vingtaine d'acides aminés interviennent dans la composition de ces protéines, leur séquence conférant à chaque protéine des propriétés propres. C'est sur la base de la précipitation à pH 4,6 (20°C) qu'on sépare deux constituants: la ou plutôt les caséines (α , S, , , et k) et les protéines solubles ou protéines du lactosérum (Tableau 3) ; (Dalglish et *al.* 1982).

En outre, il existe dans le lait une fraction dite protéose-peptone qui présente des caractéristiques intermédiaires. Cette fraction est riche en glucides (11 pour cent de sa composition) et ne précipite pas comme les autres protéines solubles lors du chauffage à 100 °C suivi d'une acidification à pH 4,6. Cependant, cette fraction protéose-peptone fait partie des protéines sériques. Comme le lait humain, le lait de vache contient une fraction azotée non protéique (environ 5 pour cent), mais en valeur absolue elle est plus faible (0,15 g N/litre) (Alais et Blanc, 1975).

Les caséines forment près de 80% de toutes les protéines présentes dans le lait des ruminants (soit 25-28 g/L). Ce sont des phosphoprotéines qui se regroupent sous formes sphériques appelée "micelle" (Fig.1). Dans un litre de lait, on compte environ $1,14 \times 10^{17}$ micelles de caséines, avec un diamètre d'environ 50 à 500 nm ; (Léonil, et *al.*, 2013).

On distingue quatre types de ces protéines, qui sont les caséines α S1, α S2, β et κ , et sont dans un rapport molaire respectif de 4 ; 1 ; 3,5 et 1,5 (Vignola, 2002).

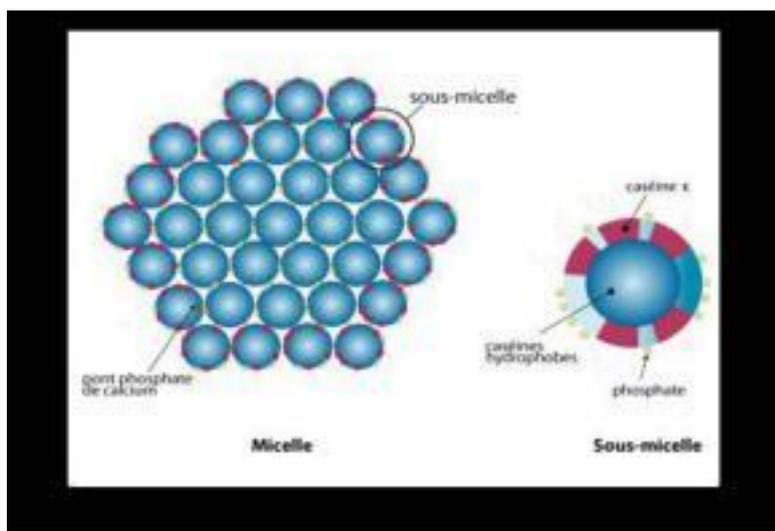


Figure 1. Représentation de la micelle de caséine avec sous unités (Bylund, 1995).

I.5.3. Protéines solubles ou protéines du lactosérum

Les protéines solubles représentent environ 20 pour cent des protéines totales du lait de vache (alors que, dans le lait maternel, plus de 70 pour cent de l'apport protéique est solubilisé dans cette fraction) ; (Jenness, 1979).

Les protéines du lactosérum sont des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane.

Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

Le constituant essentiel (50-55 pour cent) est la β -lactoglobuline bovine, totalement absente du lait humain. Son rôle n'est pas connu.

La deuxième protéine soluble (20-25 pour cent) du lait bovin est, par ordre d'importance, l' α -lactalbumine. Elle est présente dans le lait de tous les mammifères qui sécrètent du lactose puisque cette protéine est partie intégrante de l'enzyme de synthèse du lactose.

Parmi les protéines solubles restantes (20-30 pour cent de cette fraction), certaines, comme le sérum albumine, ont une faible valeur nutritionnelle; d'autres comme les immunoglobulines et la lactoferrine n'en ont pas du tout.

Le taux de lactoferrine (ou lactotransferrine) est très bas dans le lait mature de vache (0,2 g/litre), mais élevé dans le colostrum bovin (5 g/litre) et à des valeurs comparables à celles du colostrum humain (de 5 à 15 g/litre). La lactoferrine bovine est nettement plus saturée en fer que la lactoferrine humaine (environ 30 pour cent contre 5 pour cent) et ce fer lié est peu biodisponible pour l'absorption digestive tant chez l'enfant que chez l'adulte (Spik et *al.* 1982).

I.5.4. Matières azotées non protéiques (ANP)

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

I.5.5. Matière grasse

La matière grasse laitière s'organise sous forme de globules gras, qui correspondent à un cœur de triglycérides entouré par une membrane biologique. Le nombre moyen de ces globules gras est d'environ 15×10^9 par ml, et leur diamètre varie de 0,2 à environ 15 μm . La taille de ces globules joue un rôle dans les propriétés technologiques et sensorielles du lait et des produits laitiers (Couvreur et Hurtaud, 2007).

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés (Fig. 2). Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18:3) par rapport au lait de femme (1.6% contre 8.5% en moyenne) ; (Jeant et *al.*, 2008).

La matière grasse du lait a une importance considérable dans l'industrie laitière, puisque c'est l'un des paramètres de base du paiement du lait par les producteurs (Luquet, 1985)

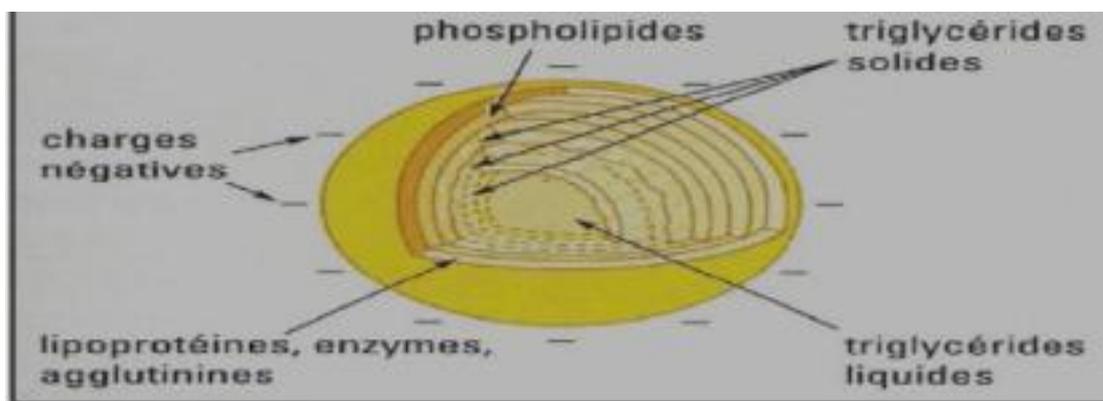


Figure 2. Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995).

Tableau 4: Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100 g de matière grasse) ; (Renner (1983).

Constituants lipidiques	Proportions	Localisations
Triglycérides	96-98	Globule gras
Diglycérides	0,3-1,6	Globule gras
Monoglycérides	0,0-0,1	Globule gras
Phospholipides	0,2-1,0	Membrane du globule gras et lactosèrum
Cérébrosides	0,0-0,08	Membrane du globule gras
Stérois	0,2-0,4	Globule gras
Acides gras libres	0,1 -0,4	Membrane du globule gras et lactosérum
Esters du cholestérol	Traces	Membrane du globule gras
Vitamines	0,1-0,2	Globule gras

I.5.6. Glucides

Le lait contient des glucides essentiellement sous forme de lactose (97 %). Ce dernier favorise l'absorption des minéraux, et notamment le calcium, et joue un rôle positif sur la flore intestinale avec une action prébiotique. Le lactose est hydrolysé dans le tube digestif par la lactase en glucose et galactose, absorbés ensuite séparément. Le lactose a un faible pouvoir sucrant (Vilain, 2010).

Il est responsable par son goût sucré et par sa concentration élevée de la saveur douce et agréable du lait frais (Romain et *al.*, 2008).

I.5.7. Minéraux

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait à hauteur de 7g/litre environ, Les plus représentés en quantité sont le calcium, le phosphore, le potassium et le chlore. On retrouve ces matières salines soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les deux fractions. Dans la fraction soluble, ils existent en partie sous forme libre (calcium et magnésium ionisés), en partie sous forme saline (phosphates et citrates) non dissociée (calcium et magnésium), ou encore sous forme complexe (esters phosphoriques et phospholipides) ; (Tabl. 5).

Dans la fraction colloïdale, les minéraux (calcium, phosphore, soufre et magnésium) sont associés ou liés à la caséine au sein des micelles (FAO.1998).

Tableau 5: Constituants majeurs des matières salines du lait de vache (g/litre) ; (Alais, 1984)

Constituants	Teneurs moyennes
Potassium (K ₂ O)	1,50
Sodium (Na ₂ O)	0.50
Calcium (CaO)	1.25
Magnésium (Mgo)	0.12
Phosphore (P ₂ O ₅)	0.95
Chlore (NaCl)	1
Soufre	0.35
Acide citrique	1.80

Note: Les teneurs indiquées sont exprimées en g de caution ou de l'anion ou de sel ou de l'oxyde le plus fréquent.

Le lait contient également les oligoéléments indispensables pour l'organisme humain tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor et l'iode (Gueguen, 1995)

I.5.8. Vitamines

Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, toute fois, les teneurs sont souvent assez faibles (Juillard et Richard, 1996).

Les vitamines sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique .On classe les vitamines en deux grandes catégories (Pougheon, 2001):

- les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse,

Certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie.

Toutes les vitamines connues sont présentes dans le lait de vache (Tableau 6). Les diverses techniques de traitement du lait peuvent en modifier sensiblement les taux, surtout pour la vitamine C (Gregory, 1975).

Tableau 6 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait de vache (Renner, 1989).

Vitamines	Moyennes
Vitamines hydrosolubles	
B. (thiamine)	0,42
B2 (riboflavine)	1,72
B6 (pyridoxine)	0,48
B12 (cobalamine)	0,0045
Acide nicotinique	0,92
Acide folique	0,053
Acide pantothénique	3,6
Inositol	1 60
Biotine	0,036
Choline	1 70
C (acide ascorbique)	8
A	0,37
β-carotène	0,21
D (cholécalférol)	0,0008
E (tocophérol)	1, 1
K	0,03

I.5.9. Enzymes

D'autres protéines du lait sont des enzymes, on compte environ 30 enzymes différentes, comme les lactoperoxydases et les phosphatases (Blanc, 1982).

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, Les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases (Tableau 7). Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (Veisseyre, 1975).

Tableau 7 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (Veisseyre, 1975).

Groupes d'enzymes	Classes d'enzymes	Température (°C)	Substrats
Hydrolases	Estérases :		
	Lipases	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline Phosphatase acide	37 37	Esters phosphoriques Esters phosphoriques
Déshydrogénases Ou oxydases	Protéases :	37	Parois cellulaires
	Lysosyme Plasmine	 37	Microbiennes Caséines
Oxygénases	Sulphydryle oxydase	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	37	Bases puriques
			Composés réducteurs + H ₂ O ₂
	Lactoperoxydase Catalas	 20	H ₂ O ₂

I.5.10. Hormones

Le lait de vache contient des hormones dont l'activité biologique est connue, mais dont le rôle est beaucoup moins certain. Il semble que la plupart de ces hormones soient détruites dans le tube digestif, du moins chez l'homme (FAO, 2010).

I.5.11. Flore originelle

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes/ml). A sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et est protégé par des substances inhibitrices appelées lacténines à activité limitée dans le temps (une heure environ après la traite (CUQ, 2007)). La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles. Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles (Vignola, 2002). Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation (Guiraud, 2003) et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Varnam et Sutherland, 2001). Le tableau 8 regroupe les principaux microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives (Vignola, 2002).

Tableau 8. Flore originelle du lait (Vignola, 2002)

Microorganismes	Pourcentage (%)
Micrococcussp	30-90
Lactobacillus	10-30
Streptococcus ou Lactococcus	<10
Gram négatif	<10

Chapitre II : Caractéristiques et variation du lait

II. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait

II.1. Caractéristiques organoleptiques

La qualité organoleptique englobe les caractéristiques : couleur, odeur, saveur et flaveur (Fredot, 2005).

II.1.1. Couleur

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

II.1.2. Odeur

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

II.1.3. Saveur

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

II.1.4. Flaveur

Résulte d'un équilibre subtil entre de multiples composés : acides, alcools, ester, amines, composés carbonyles et soufré ...etc. En interaction avec une matière lipidique et protéique (Vierling, 1998).

II.1.5. Viscosité

Elle est fonction de l'espèce, on distingue (Alais, 1984) :

-Un lait visqueux chez les monogastriques (jument, ânesse, carnivores et femme).
On parle de lait albumineux.

-Un lait moins visqueux chez les herbivores (lait de brebis plus visqueux que celui de la vache). Le lait est dit caséineux.

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

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur (Rheotest, 2010).

II.2. Caractéristiques physico-chimiques

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

II.2.1. Masse volumique

La masse volumique (MV) d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée et s'exprime en Kg.m⁻³ dans le système métrique. Comme la MV dépend étroitement de la température (Pointuriere et Adda, 1969). Il est nécessaire de préciser à quelle température (T°C). La MV du lait entier à 20°C est en moyenne de 1030Kg.m⁻³ comme la MV de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m⁻³.

La densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 (d_{20/4}). Il convient de signaler que le terme anglais «density» prête à confusion puisqu'il désigne la MV et non la densité (Pointuriere et Adda, 1969).

II.2.2. L'acidité de titration ou l'acidité Dornic

L'acidité de titration (AC) indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une AC de titration de 16 à 18° Dornic (°D). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (Mathieu, 1998). Cette acidité développée conduit à la dénaturation des protéines (CIPC lait, 2011).

L'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0.1g d'acide lactique par litre de lait (Jean et Dijon, 1993).

II.2.3. pH

Le pH du lait change d'une espèce à une autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséine et en phosphate et aussi selon les conditions environnementales (Alais, 1984). Le pH du lait de vache est compris entre 6,5 et 6,7 (Goursaoud, 1985). On considère comme anormales les valeurs de pH inférieurs à 6,5 et supérieurs à 9,6 (Vignola, 2002).

II.2.4. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et - 0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. On a par exemple signalé des variations normales de - 0.530 à - 0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue (Neville et Jensen, 1995).

D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (Mathieu, 1998).

II.2.5. Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition est légèrement supérieur au point d'ébullition d'eau, soit 100,5°C (Vignola, 2002).

II.3. Composants chimiques indésirables du lait

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

II.3.1. Antibiotiques

Les résidus d'antibiotiques, surtout si ces substances sont appliquées localement pour le traitement des mammites (Jacquet, 1969), leurs présences dans le lait engendrent un double inconvénient. Ainsi, pour le consommateur, elle peut être responsable de phénomènes d'allergie et cancérigènes (Mitchell, 2005). Chez les sujets sensibles, elle peut contribuer à l'installation d'une flore endogène antibiorésistantes (Morel, 1962)

II.3.2. Pesticides

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

II.3.3. Métaux

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

Chapitre III : Les facteurs influençant les caractères physico-chimiques du lait

III.1. Facteur de variation de la qualité du lait

La composition des différents laits d'animaux varie considérablement d'une espèce à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce, voire à l'intérieur des types ou des races d'espèces identiques (Siboukeur, 2008).

Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (Stoll, 2003).

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (Wolter, 1988).

III.1.1. Variabilité génétique entre individus

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée. Il existe ainsi une variabilité génétique intra-race élevée, c'est pourquoi une sélection peut apporter un progrès. (Pougheon et Goursaud, 2001).

III.1.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2ème mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours (Pougheon et Goursaud, 2001).

Les taux amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique.

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (Meyer et Denis, 1999).

III.1.3. Age ou numéro de lactation

On peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du TB (TB : taux butyreux en g/Kg) de 1% et du taux protéique de 0.6 % (Pougheon et Goursaud, 2001).

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (Mahieu, 1985).

III.1.4. État sanitaire

Le lait bovin provenant des mamelles atteintes de troubles sécrétoires présente d'importantes altérations dans sa composition chimique, Ces changements sont les conséquences d'une série d'incidents provoqués par l'invasion et la croissance de bactéries pathogènes dans la mamelle. Parmi ces incidents, il convient de mentionner l'entrée de leucocytes polymorphe-nucléaires dans la glande mammaire et dans le lait et la destruction de cellules et de structures tissulaires. Cela conduit à une capacité réduite de synthèse et à une diffusion accrue de sang et de composés cellulaires dans le lait (Schultze, 1977). Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers.

Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation du lait et du rendement fromager (Toureau et *al.* 2004).

III.2. Facteurs extrinsèques

III.2.1. Alimentation

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique (Tabl. 9) mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la

composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues) (Pougheon et Goursaud, 2001).

Il existe plusieurs types d'aliments favorables à la synthèse de la matière grasse, voire de l'amélioration du taux butyreux. Par exemples : fourrages et l'ensilage du maïs (Hoden et Coulon, 1991).

III.2.2. Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (Coulon *et al.*, 1991).

À partir des travaux réalisés par Coulon *et al.* (1991), il a été montré que la production laitière est maximale au mois de juin et minimale en décembre. A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver.

Tableau 9 : Effet de facteurs de variation sur la teneur en Protéines du lait (Stoll, 2003).

Effets de facteurs de variation de la teneur en protéines du lait	
Stade de lactation	Diminution de la teneur en protéines pendant les deux premiers mois de la lactation, suivie d'une augmentation
Age de la vache	La teneur en protéines décroît avec l'âge
Saison	La teneur en protéines est généralement plus basse en été et plus élevée en hiver
Race de la vache	La teneur en Protéine varie d'une race à une autre
Alimentation	Augmente en cas d'alimentation riche en Maïs
Mammites	La teneur en protéines décroît lorsque la vache souffre de mammite.

Conclusion générale

Le lait et les produits laitiers font partie d'une alimentation saine. Le lait de vache est un complexe de mélange de graisses, protéines, glucides, minéraux, vitamines et autres substances mineures dissous dans l'eau. Le lait est un élément important faisant partie du régime alimentaire humain et l'importance nutritionnelle du lait ressort que la consommation quotidienne d'un litre (1,14 litre) de lait fournit à peu près les besoins quotidiens en matières grasses, calcium, phosphore, riboflavine, la moitié des protéines, un tiers de la vitamine A, l'acide ascorbique, la thiamine

Deux facteurs majeurs régissent le lait de vache, Le premier est directement associée à l'hétérogénéité des compositions du lait cru, influencé par plusieurs facteurs tels que la zone géographique, les facteurs de reproduction ou de nutriments et les conditions climatiques que le second semble difficile à respecter et qui est lié essentiellement à des procédures hygiéniques entraînant une charge microbienne importante touchant ainsi la qualité hygiénique et représenter une grave préoccupation pour la santé humaine.

Dans l'industrie laitière, les critères chimiques et physiques ainsi que les critères d'hygiène sont les trois paramètres fondamentaux connus pour décrire la qualité du lait. Les critères chimiques sont en général corrélés avec les teneurs en nutriments du lait. Donc, évaluer le contenu des protéines, des lipides et, dans une moindre mesure, le calcium dans le lait fournit la valeur nutritive du produit et son utilisation dans la transformation laitière est réalisée par des méthodes d'analyse au laboratoire dans l'industrie laitière tandis que les critères physiques sont le plus souvent associés à l'acidité, la densité et température du lait. Ces derniers sont les critères physiques, à savoir l'acidité, la densité et la température, vont indiquer indirectement le statut hygiénique du lait dans la relation avec les aspects microbiologiques (notamment les pathogènes).

Références bibliographiques

Afif, A., Faid, M., Najimi, M. (2008). Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 7: 2-7

Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R et Turgeon H..(2002) . Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait *In Vignola C.L*, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

ANONYME, (1995).Info-Diry-Ingrédients.com.Debotest.

APS. dz (2018). <http://www.aps.dz/economie/76635-production-nationale-de-lait>.

Alias C. (1975). Science du lait principe des techniques laitières.3^{ème} édition. Paris, pp : 1-60.

Alais, C. (1984). Science du lait - principes des techniques laitières. Paris, Editions Sepaic.4^c éd. 814 pages.

Alais, C. et Blanc, B. (1975). Milk proteins: biochemical and biological aspects. *WorldRevNutr Diet* 20:67- 147

Beroza, M. Bowman, MC. (1996).Correlation of pesticide polarities with efficiency of milk extraction procedures,,*J .assos, off .agric. chem.*, 49, p.1007-12.

Blanc, B. (1982). Les protéines du lait activité enzymatique et hormonale.Lelait. *International dairy journal.* , 62(617) , p. 350-395.

Bylund G. (1995). Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems.Lund, Sweden, 436 p.

Cipc L. (2011).. Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles.Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait n°2011-02.

Cuq, J.L. (2007).Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25.

Coulon, J.B., Chilliard, Y. et Remond, B. (1991). Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (3), 219-228.

Couvreur, S. et Hurtaud, C. (2007). Le globule gras du lait: sécrétion, composition, fonctions et facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, 20, 365-382.

IDAPS (2005) .Division de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques. « Loi d'Orientation Agro-Sylvo-Pastorale », Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, Direction de l'Analyse, de la prévision et des statistiques (DAPS)

Dalgleish, D.G. (1982). Milk proteins, chemistry and physics. In P.F. Fox & J.J. Condon, eds. Food proteins p. 155- 178. London ,Applied Sciences Publication.

FAO (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food & Agriculture Org., 1995 - 271 pages)

FAO (1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine .Rome(Italie).Collection FAO: Alimentation et nutrition °28ISBN 92-5-20534-6

FAO (2007).Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Conférence de la FAO, 34e session, Rome, 17 – 24- novembre 2007.

FAO (2010). Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/la-composition-du-lait/fr/>

Faye B. et Loiseau G. (2002). Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches de qualité. *In:* Hanak E., Boutrif E., Fabre P., Pineiro M., Eds, Proc. int. Workshop, Food safety management in developing countries, Montpellier, France, 11-13 dec. 2000. Montpellier, France.

Ferdous, N, Hnini, R., Chigr, F.,Najimi, M. (2017). Hygienic Quality of Raw Cow Milk Produced by Smallholder Dairy Farmers in Beni Mellal area in Morocco. *World Journal of Research and Review (WJRR)*, 5: 09-16.

Fredot E.(2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

- Gargouri, A., Hamed, H., Ben alia, B., Elfeki, A., Gdoura, R. (2014).** Evaluation of Tunisian milk quality in dairy herds: Inter-relationship between chemical, physical and hygienic criteria. *Animal Science Journal*,
- Gregory, M.E. (1975).** Water-soluble vitamins in milk and milk products. *J.Dairy Res.*197-216.
- Guenguen, L.(1995).** Apports minéraux par le lait et les produits laitiers. *cah, nutr diet.*,3, 213-217
- Guiraud, J.P. (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. pp : 136-139
- Goursaud J. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans laits et produits laitiers vaches,
- Gregory, M.E. (1975).** Water-soluble vitamins in milk and milk products. *J. Dairy Res.*197-216.
- Guenguen, L.(1995).** Apports minéraux par le lait et les produits laitiers. *cah, nutr diet.*,3, 213-217
- Goursaud J. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans laits et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed .tec & Doc Lavoisier .Paris. P50-150.
- Harding F., (1995):** Milk). quality, Blackie academic et professional : 113(166 pages)
- Hesseling G. (1985).**Histoire politique du Sénégal: institutions, droit et société (Vol. 6). KARTHALA Editions.
- Hanzen C.H., (1999).** Pathologie de la glande mammaire de la vache laitière: Aspects individuels et d'élevage. 4ème Edition Université de Liège, 235 p.
- Hoden, A. et Coulon, J.B. (1991).** Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (5), 361-367
- Jacquet, J. (1969).** Les antibiotiques dans le lait et les produits laitiers, 1969. *Econ, méd, anim.* 10, 13-17

Jean C et Dijon C. (1993). Au fil du lait, ISBN 2-86621- P172-3.

Jenness, R.(1979).Comparative aspects of milk proteins. .J. Dairy Res.46:197-210

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

Juillard, V. Richard, J, (1996). Le lait, 1996. P 24–26.

Léonil, J., Michalski, M. C. et Martin, P. (2013). Les structures supramoléculaires du lait:structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *INRA Prod.Anim.*, 26(2), 129-144.

Luquet F.M. (1985). « Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre». 3 volumes , Paris, Technique et documentation, Lavoisier, 150 p.

Mathieu, J. (1998).(A) Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris: 3-190 (220 pages).

Mathieu J. (1998)..(B) Ecole nationale des industries du lait et des viandes de la Roche-Sur Foron. Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Tec & Doc : Lavoisier, Paris. pp : 12-210. ISBN : 2-7430-0233-6.

Mahieu, H., Le Jaouen, J.C., Luquet, G.M. &Mouillet, L.(1977). Etude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces laitières bovines, ovines et caprines. *Le lait*, 57:565-568

Meyer, C., et Denis, J.P. (1999). Élevage de la vache laitière en zone tropicale.EditionQuae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.

Mitchell, M.(2005). Detection des résidus d'antibiotiques dans le lait de chèvre. Laboratoire des résidus médicamenteux/ division des services de laboratoire/ université de Guelph ; brendanorris- programme de salubrité des produits laitiers/MAAARO.

Morel, I.(1962). Enquêtes sur la présence d'antibiotiques dans le lait de trois zones de production, 1962. *Lait*, 42, 593-601

Neville, M. C., et Jensen, R. G. (1995). The physical properties of human and bovine milks In JENSEN R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc: 82 (919 pages).

(FAO, 1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO: Alimentation et nutrition, 1998, n° 28, ISBN 92-5-20534-6

Pougheon, S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France

Pointurier, H., et Adda, J. (1969). Beurrerie industrielle. La maison rustique, Paris

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

Remana, F. (2013). Contribution à l'étude microbiologique et physico-chimique de la fabrication de lait fermenté, khemis -Miliana, mémoire de PFE, P 2 - 8.

Renner, E. (1983). Milk and dairy products in human nutrition. München, Volkswirtschaftlicher Verlag. 450 pages.

Renner, E. (1989). Micronutrients in milk and milk-based food products. London, Elsevier Applied Science. 311 pages

Romain, J., Thomas, C., Michel, M. Pierre, S. et Gérard, B. (2008). *Les produits laitiers* .2ème Ed; Tech et Doc Lavoisier.

Rouille, B., Lamy, J.M., Plouzini, D., Brunschwig, P., Saulas L. (2008). L'ensilage de sorgho sucrier BMR assure de bonnes performances chez les vaches laitières.

Rheotest M., (2010). Rhéomètre RHEOTEST RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST, LK – Produits alimentaires et aromatisants [.http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf](http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf).

Spik, G., Brunet, B., Mazurier-Dehaine, C., Fontaine, G. & Montreuil, J. 1982. Characterization and properties of the human and bovine lactotransferrins extracted from the faeces of newborn infants. *Acta PaediatrScand.*, 71: 979-985.

Soustre Y. (2008). Histoire, sociologie et image du lait. [en ligne], site du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL), Hors-série n°2, [http://www.cniel.com/publicat/Questions_sur/pdf/QS_HS2.pdf] (consulté le 14/10/09).

Siboukeur, O. (2008). Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat d'état. Instnat, agro, Alger.

Srairi, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A. et Faye, B. (2005). Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 156 (3) :155-162.

Stoll, W. (2003). Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait. *RAP Agri*. N° 15/2003, vol. 9, Suisse.

Schultz M, Hassen L, Steuernagle G, Kuck A, (1990). Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy. *J. DairySci*, 73,484p

Schultz (L.H.) (1977). Somatic cells in milk: physiological aspects and relationship to amount and composition of milk. *J. FoodProtect*. 40,125-131.

Thaponj.l., (2005) Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77pages).

Toureau, V., Bagieu, V., et LE Bastard, A.M. (2004). Une priorité pour la recherche: la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication

Thieulin G. et Vuillaume R., (1967). Éléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs - revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73(388 pages).

V' Alais, (1975). Science du lait, principe de techniques laitières. 37ème éditions, Paris. Appontais, p 807

Veisseyre R., (1975). Technologie du lait. 3ème édition, Paris, La maison rustique,715p.

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

Vignola, C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75

Varnam, A.H., et Sutherland, P. (2001). Milk and Milk Products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Volume 1 Food products series.An Aspen Publication. New York. pp: 35-37.

Vanier P., (2005). Le lait au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Écologie et environnement .p 65

Vilain A-C.(2010). Qu'est-ce que le lait ? Rev Fr Allergol. 1 avr 2010;50(3):124-7.

Withney, R., Brunner, J.R., Ebner, K.E., Farrell, H.M., Josephoon, R.V., Moor, C.V. &Swaigsgood, H.E. (1976). Nomenclature of the proteins in cow's milk. Fourth revision../. Dairy 59:795-815.

Wolter R. et Pontet A. (1988). Alimentation de la vache laitière. France agricole eds, 3ème édition. Collection Agriproduction, Paris.