

# THESE

En vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

**Centre de Recherche** : Sciences des Matériaux

**Structure de Recherche** : Laboratoire des Matériaux, Nanotechnologies et Environnement

**Discipline** : Chimie

**Spécialité** : Chimie Analytique

Présentée et soutenue le : 01/10/2022 par :

**Marouane CHRIF**

**Variation d'azote non protéique, corrélation et évolution des compositions chimiques du lait de vache provenant de différentes régions du Maroc**

## JURY

Mohammed FEKHAOUI	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique, RABAT.	Président
Zoubida EL ABBASSI	PES, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, RABAT.	Rapporteur/Examinatrice
Naima RHALLABI	PES, Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques, MOHAMMEDIA.	Rapporteur/Examinateur
Ghizlan KAICHOUH	PH, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, RABAT.	Rapporteur/Examinatrice
Mohamadine EL M'RABET	PES, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, RABAT.	Examinateur
Abderrahim EL HOURCH	PES, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, RABAT.	Directeur de Thèse

Année Universitaire : 2021/2022

---

## *Dédicace*

**A Dieu tout puissant, pour sa grâce, sa bonté et sa miséricorde envers moi durant toute ma formation ;**

**A ma mère et mon père qui m'ont doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis ;**

**A ma femme qui m'a soutenu pour accomplir ce travail**

**A mes enfants Hiba et Adam, je vous aime beaucoup**

**A toute ma famille pour leurs encouragements et leurs soutiens ;**

**A tous mes amis ;**

**A tous ceux et celles que j'aime de près comme de loin,**

**Je dédie ce travail.**

**Marouane CHRIF**

---

## Remerciements

Bien que cette thèse soit personnelle, j'en profite pour remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation et à ses résultats.

Ces travaux de thèse ont été réalisés au sein du Centre Sciences de Matériaux, au Laboratoire de Matériaux, Nanomatériaux et Environnement, Equipe de Physico-Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement de la Faculté des Sciences de Rabat, sous la direction de Monsieur le professeur **Abderrahim EL HOURCH**, et Laboratoire de Physico-Chimie, Département d'Hydrologie et de Toxicologie de l'Institut National d'Hygiène de Rabat sous la direction de monsieur le directeur **Abdellah EL ABIDI**, je tiens à les remercier pour m'avoir ouvert les portes de ce laboratoire durant ma formation.

Je tiens tout d'abord à remercier mon Directeur de thèse Monsieur **Abderrahim EL HOURCH**, Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat. Tout au long de ce travail, il a su m'apporter un soutien constant, une disponibilité, une écoute, une confiance, des conseils avisés et précieux à la hauteur de ses capacités et de ses véritables qualités humaines.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **Mohammed FEKHAOUI**, Directeur de l'Institut Scientifique de Rabat, pour l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de soutenance de cette thèse. J'apprécie vivement les remarques faites sur mon travail et je vous prie de croire en ma haute considération.

Mes remerciements s'adressent aussi à Madame **Zoubida EL ABBASSI**, Professeur à la Faculté des Sciences de Rabat, pour l'honneur qu'il me fait en prenant la charge de rapporteur et examinatrice de ce travail et de faire partie du jury. Je la remercie de sa lecture attentive, de ses corrections et remarques.

Je tiens à remercier Madame **Naima RHALLABI**, Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences et techniques de Mohammadia, Université Hassan II de Casablanca, pour l'enthousiasme avec lequel vous avez accepté la lourde tâche de rapporteur et examinatrice de ce travail et de participer à ce jury de thèse. Je la remercie de sa lecture attentive, de ses remarques et corrections pour avoir fait le déplacement.

Je suis sensible à l'honneur que me fait Madame **Ghizlan KAICHOUH**, Professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences de Rabat, en acceptant d'être rapporteur et examinatrice de ce travail et de faire partie du jury. Qu'elle trouve ici l'expression de ma respectueuse gratitude pour toutes ses remarques.

---

Mes vifs remerciements vont également à Monsieur **Mohamadine EL M'RABET**, Professeur de l'enseignement supérieur à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II de Rabat, pour avoir accepté de juger et d'évaluer ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de mes grandes salutations.

Je tiens également à remercier les personnes qui sont venues assister à ma soutenance. J'adresse une pensée à ceux qui n'ont pu être, mais qui l'étaient par la pensée.

Je n'oublie bien évidemment pas l'ensemble des membres de laboratoire pour leurs collaborations et leurs gentillesse. Samir et Salah, Hassan et Mustapha, Mehdi et Badr, Mohamed et Adel, et tous les autres amis, pour leur amitié et les bons moments passés ensemble. Mes amis (doctorants et docteurs), parmi lesquels on compte particulièrement Marouane, Abdelkarim, Sanaa, Fatima, pour leur amitié. Je remercie mes parents pour leur soutien et leur amour (prouvé surtout dans les moments difficiles). Je remercie ma femme pour leur encouragement et leur soutien et au reste de ma famille pour leur soutien aussi.

Enfin je renouvelle toute ma sympathie à ceux qui m'ont accordé du temps et m'ont témoigné un soutien constant dans ce long travail de recherche.

---

## **Liste des publications et communications**

### **Publications :**

- 1. The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco**  
Chrif Marouane, Abderrahim El Hourch, Selma Chouni, Samir Aitbenyouf, Abdallah El Abidi.  
**Journal of Materials and Environmental Science**, 2018 Volume 9, Issue 3, Page 811-816
- 2. Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**  
Marouane Chrif, Abderrahim El Hourch, Selma Chouni, Abdel hakim Bouyahya, Abdallah El Abidi.  
**Bioscience research**, 2019 Volume 16, Issue 1, Page 388-396
- 3. Changes of Physicochemical composition of Moroccan bovine's milk along the years**  
Marouane Chrif, Abderrahim El Hourch, Selma Chouni, Abdel hakim Bouyahya, Abdallah El Abidi.  
**Mediterranean Journal of Chemistry**, 2019 Volume 16, Issue 1, Page 470-475
- 4. Optimized chemical analysis of cow's milk proteins: evaluation of new measuring devices**  
Marouane Chrif, Abderrahim El Hourch, Abdallah El Abidi.  
**Indonesian Journal of Chemistry**, 2022 Volume 22, Issus 4, Page 1116-1121
- 5. Comparative Study of Protein and Fat Composition of Various Raw Cow, Goat and Camel Milks Produced in Morocco: A Review**  
Marouane Chrif, Sanaa El Aggadi, Abderrahim El Hourch.  
**Journal of Food and Nutrition Research.**

---

### **Communications Orales:**

1. **The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco**, 2<sup>ème</sup> édition de la conférence internationale Technologie, Innovation & Système d'Information. **14-15 Juillet 2018**, FS de Kenitra, Maroc.
2. **Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**, 2<sup>nd</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019) **28th to 29th June 2019**, Ankara, Turkey.

### **Communications Poster:**

1. **The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco**, 5<sup>ème</sup> édition des Doctoriales FSR 2016 « Recherche Scientifique Eco-Innovatrices : Acquisition du Savoir et Perfectionnement des compétences ». **09, 10 et 11 mars 2016**, FS de Rabat, Maroc.
2. **Improvement of chemical properties of cow's milk in Morocco**, 2<sup>nd</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019) **28th to 29th June 2019**, Ankara, Turkey.

---

## Principaux symboles et abréviations

<b>HCP</b>	Haut commissariat au plan
<b>UHT</b>	Ultra haute température
<b>FIMALAIT</b>	Fédération Interprofessionnelle Marocaine du lait
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la santé
<b>HTST</b>	High Température Short Time
<b>A.W</b>	Activité d'eau
<b>Vit</b>	Vitamine
<b>Cel</b>	Cellule
<b>Bact</b>	Bactérie
<b>HPLC</b>	Chromatographie liquide à haute pression
<b>IR</b>	Infrarouge
<b>AP</b>	Azote protéique
<b>ANP</b>	Azote non protéique
<b>TP</b>	Taux protéique
<b>AT</b>	Azote total
<b>AA</b>	Acide aminé
<b>CMP</b>	Caséinomacropeptide
<b>TB</b>	Taux butyreux
<b>AGL</b>	Acides gras libres
<b>GG</b>	Goutte lipidique non polaire
<b>AG</b>	Acides gras
<b>U.S.A</b>	United States of America
<b>HCH</b>	Héxachlorocyclohexane
<b>DDT</b>	Dichlorodiphényltrichloroéthane
<b>HCB</b>	Hexachlorohexane
<b>TCDD</b>	Tétrachlorodibenzodioxine
<b>PCDD</b>	Polychlorodibenzodioxine
<b>PCDF</b>	Polychlorodibenzofuranes
<b>PCB</b>	Polychlorobiphényles
<b>SMN</b>	Société marocaine de nutrition
<b>FAO</b>	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

---

<b>MAT</b>	Matière azotée totale
<b>DGS</b>	Direction générale de la santé
<b>Min</b>	Minimum
<b>Max</b>	Maximum
<b>MG</b>	Matière grasse
<b>ESD</b>	Extrait sec dégraissé
<b>EST</b>	Extrait sec total
<b>GCBH</b>	Gharb Chrarda Beni Hssen
<b>CV</b>	Coefficient de variation
<b>AAI</b>	Acides aminés indispensables
<b>Nb.</b>	Nombre

---

## Liste des figures

### PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I: Lait: Généralités sur la filière laitière au Maroc

<b>Fig. I-1:</b> <i>Production laitière au Maroc</i> .....	7
<b>Fig. I-2:</b> <i>Structure du cheptel bovin laitier au Maroc</i> .....	8
<b>Fig. I-3:</b> <i>Diversité des produits issus du lait (présentation non exhaustive) et techniques de séparation de ses différents composants</i> .....	15
<b>Fig. I-4:</b> <i>Schéma de fabrication du lait en poudre</i> .....	16

#### Chapitre II: Le lait: Caractéristique, composition et microbiologie

<b>Fig. II-1:</b> <i>Evolution du lait cru abandonné vers 20°C</i> .....	21
<b>Fig. II-2:</b> <i>Evolution annuelle des teneurs du lait en vitamines</i> .....	33
<b>Fig. II-3:</b> <i>Modèle schématique supposé d'une section de micelle de caséines</i> .....	34

### DEUXIEME PARTIE : RESULTATS EXPERIMENTAUX

#### Chapitre V: The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco

<b>Fig. 1:</b> <i>Map of the six regions studied</i> .....	81
<b>Fig. 2:</b> <i>Influence of season and region on total nitrogen</i> .....	84
<b>Fig. 3:</b> <i>Influence of season and region on non-protein nitrogen</i> .....	85
<b>Fig. 4:</b> <i>Protein content of the mixed milk by region</i> .....	85
<b>Fig. 5:</b> <i>Protein content of the mixed milk by season</i> .....	86

---

**Chapitre VI: Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**

**Fig. 1:** *Seasonal variation in defatted dry extract from cow milks in the GCBH region* ..... 96

**Fig. 2:** *Seasonal variation of fat in cow milks in the GCBH region* ..... 98

**Fig. 3:** *Seasonal variation in protein from cow milks in the GCBH region*..... 98

**Fig. 4:** *Linear representation between chemical parameters of the mixing milk*..... 100

**Chapitre VII: Changes of Physicochemical composition of Moroccan bovine's milk along the years**

**Fig. 1:** *Relationship between protein and fat contents*..... 110

**Fig. 2:** *Evolution of the density of raw cow's milk from Morocco*. ..... 111

**Fig. 3:** *Evolution of the fat of raw cow's milk from Morocco*. ..... 112

**Fig. 4:** *Evolution of the protein of raw cow's milk from Morocco* ..... 113

**Fig. 5:** *Evolution of the defatted dry extract of raw cow's milk from Morocco*. ..... 114

---

## Liste des tableaux

### PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre II: Le lait: Caractéristique, composition et microbiologie

<b>Tableau 1:</b> <i>Composition chimique du lait de vache</i> .....	20
<b>Tableau 2:</b> <i>Phases, subdivisions et dimensions des constituants du lait à la traite</i> .....	22
<b>Tableau 3:</b> <i>Constantes physiques du lactose</i> .....	24
<b>Tableau 4:</b> <i>Classification des protéines</i> .....	29
<b>Tableau 5:</b> <i>Les 3 groupes principaux des protéines du lactosérum</i> .....	30
<b>Tableau 6:</b> <i>Composition moyenne d'une micelle de caséine</i> .....	35
<b>Tableau 7:</b> <i>Matière grasse du lait : contenu du globule gras en émulsion dans la phase aqueuse</i> .....	38
<b>Tableau 8:</b> <i>Estimation de la composition de la membrane du globule gras</i> .....	40

### DEUXIEME PARTIE : RESULTATS EXPERIMENTAUX

#### Chapitre V: The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco

<b>Table 1:</b> <i>Comparison of the variability between the total nitrogen content and non-protein nitrogen content of mixing milk, between regions and seasons</i> .....	83
<b>Table 2:</b> <i>Non-protein fractions of mixed milk compared between regions and seasons</i> .....	83
<b>Table 3:</b> <i>Protein content of mixed milk compared between regions and seasons</i> .....	86

#### Chapitre VI: Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco

---

**Table 1:** *Descriptive statistics of physicochemical parameters*..... 95

**Table 2:** *Descriptive statistic of fat, protein and defatted dry weight for raw milk based on time*..... 95

**Table 3:** *Correlation coefficients between raw milk composition parameters* ..... 99

**Chapitre VII: Changes of Physicochemical composition of Moroccan bovine’s milk along the years**

**Table 1:** *Descriptive statistics of physicochemical analyzes of raw milk from cows in the GCBH region*..... 109

**Table 2:** *Evolution of the physicochemical composition of raw cow's milk in Morocco*..... 110

---

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

<b>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>
---

## **Chapitre I: Lait: Généralités sur la filière laitière au Maroc**

<b>I.1. Généralités sur le lait</b> .....	5
<b>I.2. Production du lait et dérivés au Maroc</b> .....	6
<b>I.3. Les races des vaches laitières au Maroc</b> .....	6
<b>I.4. Situation de la filière laitière au Maroc</b> .....	7
I.4.1. Modération de la production à partir de 2014 .....	7
I.4.2. Consommation du lait au Maroc.....	8
<b>I.5. Lait de consommation</b> .....	8
I.5.1. Collecte du lait.....	8
I.5.2. Etapes de fabrication.....	9
I.5.2.1. La réception .....	9
I.5.2.2. La clarification .....	9
I.5.2.3. La standardisation .....	9
I.5.2.4. L'homogénéisation .....	9
I.5.2.5. La pasteurisation .....	10
I.5.2.6. Le refroidissement .....	10
I.5.2.7. Le conditionnement .....	10
I.5.2.8. L'entreposage.....	10

---

I.5.3. Les différents laits de consommation .....	11
I.5.3.1. Lait cru .....	11
I.5.3.2. Laits traités thermiquement.....	11
I.5.3.2.1. Lait pasteurisé conditionné.....	11
I.5.3.2.2. Lait de longue conservation .....	12
I.5.3.3. Les laits concentrés .....	12
I.5.3.4. Les poudres de lait .....	12
I.5.3.5. Les laits spéciaux .....	13
I.5.3.5.1. Laits infantiles .....	13
I.5.3.5.2. Laits supplémentés .....	13
a. Laits à teneur garantie en vitamines .....	13
b. Laits enrichis en vitamines, protéines et minéraux .....	13

## **Chapitre II: Le lait: Caractéristique, composition et microbiologie**

<b>II.1. La matière première de l'industrie laitière .....</b>	<b>18</b>
II.1.1. Variations au stade de l'animal .....	18
II.1.2. Variations au stade du traitement du lait .....	19
<b>II.2. Composition chimique du lait.....</b>	<b>20</b>
<b>II.3. Les différentes phases de l'évolution naturelle du lait .....</b>	<b>21</b>
II.3.1. Les constituants de la phase aqueuse .....	23
II.3.1.1. Solution de molécules et ions < 1nm.....	23
II.3.1.1.1. Le lactose et autres glucides du lait .....	23

---

a. Les glucides du lait : généralités .....	23
b. Le lactose .....	23
c. Importance en technologie laitière et conséquences des variations .....	27
II.3.1.1.2. Sels organiques et minéraux, oligo-éléments.....	27
a. Les différents composants .....	27
b. Influence des paramètres physico-chimiques sur les équilibres minéraux .....	28
II.3.1.2. Protéines solubles <10nm et composés azotés .....	28
II.3.1.2.1. Les différents constituants azotés du lait et leur dosage .....	28
II.3.1.2.2. Classification des protéines.....	29
II.3.1.2.3. Les protéines du lactosérum.....	30
II.3.1.2.4. Intérêt des protéines du lactosérum en industrie laitière.....	30
II.3.1.3. Les biocatalyseurs : vitamines et enzymes .....	31
II.3.1.3.1. Les enzymes.....	31
II.3.1.3.2. Les vitamines et leur variation saisonnière .....	32
II.3.2. Les constituants de la phase colloïdale : les micelles de caséines.....	33
II.3.2.1. Description et composition physico-chimique de la micelle.....	33
II.3.2.1.1. Aspects et propriétés .....	33
a. La micelle.....	33
b. Propriétés des caséines.....	35
II.3.2.1.2. Les caséines $\alpha_S$ .....	36
a. La caséine $\alpha_{S1}$ .....	36

---

b. La caséine $\alpha_{S2}$ .....	36
II.3.2.1.3. Les caséines $\beta$ et $\gamma$ .....	36
a. La caséine $\beta$ .....	36
b. La caséine $\gamma$ .....	36
II.3.2.1.4. Les caséines k .....	36
II.3.3. Les constituants de la phase d'émulsion : la matière grasse et les globules gras... 37	
II.3.3.1. La matière grasse et le globule gras : composition physico-chimique .....	37
II.3.3.1.1. Analyse globale.....	37
II.3.3.1.2. Constitution de la matière grasse : le globule gras .....	38
a. Définition, généralités .....	38
b. Composition du globule gras .....	39
II.3.3.2. Facteurs de variation.....	40
II.3.3.2.1. Variations du TB liées à l'apport alimentaire .....	40
a. Apports énergétiques et globaux .....	41
II.3.3.2.2. Influence des traitements thermiques et du froid sur le TB .....	41
a. Influence du froid.....	41
b. Influence des traitements thermiques sur la matière grasse du lait.....	41
II.3.3.2.3. Défauts liés à la lipolyse .....	42
a. La lipolyse spontanée .....	42
b. La lipolyse induite.....	42
c. Conséquences en technologie laitière .....	43

---

II.3.3.3. Technologie de la matière grasse laitière et exigences des industriels.....	43
<b>II.4. Microbiologie du lait .....</b>	<b>44</b>
II.4.1. Flore originelle du lait.....	44
II.4.2. Flore de contamination.....	44
II.4.3. Germes aérobies .....	45
II.4.4. Coliformes totaux et fécaux .....	45
II.4.5. Clostridium sulfito-réducteurs.....	45
II.4.6. Streptocoques fécaux.....	45
II.4.7. Staphylococcus aureus et Salmonelles .....	45
II.4.8. Levures et moisissures .....	46
<b>II.5. Les microorganismes utilisés en technologie laitière : les bactéries lactiques .....</b>	<b>46</b>
II.5.1. Les bactéries lactiques.....	46
<b>II.6. Les microorganismes à potentialité probiotique .....</b>	<b>47</b>
II.6.1. Définition et principaux probiotiques.....	47
II.6.1.1. Définition.....	47
II.6.1.2. Les probiotiques et leurs effets bénéfiques sur la santé.....	47
<b>Chapitre III: Généralités sur la consommation du lait et utilisation en technologie laitière</b>	
<b>III.1. Généralités sur les industries laitières.....</b>	<b>49</b>
III.1.1. Exigences des industriels laitiers et nouvelles technologies .....	49
III.1.2. Fractionnement et utilisation des composants du lait.....	51
III.1.2.1. Le fractionnement du lait : généralités.....	51
<b>III.2. Altérations, défauts et pollutions du lait .....</b>	<b>52</b>

---

III.2.1. Introduction de substances étrangères .....	52
III.2.2. Pollutions par les résidus d'antibiotiques .....	52
III.2.3. Pollutions par les résidus de pesticides.....	53
III.2.4. Pollution par les mycotoxines.....	54
III.2.5. Pollutions radioactives.....	54
III.2.6. Pollution par la dioxine.....	55
III.2.7. Défauts de saveurs et de goût .....	56
III.2.7.1. Goût de chauffé, de cuit de caramel.....	56
III.2.7.2. Goût dû aux rayons lumineux .....	56
III.2.7.3. Saveur d'oxydation.....	56
III.2.7.4. Rancidité .....	56
III.2.7.5. Saveurs dus aux fermentations.....	56
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>60</b>

**DEUXIEME PARTIE :  
RESULTATS EXPERIMENTAUX**

**Chapitre IV: Matériels et méthodes**

<b>IV.1. Régions d'étude et échantonnage.....</b>	<b>69</b>
<b>IV.1.1. Régions d'étude .....</b>	<b>69</b>
IV.1.1.1. Localisation Géographique et climat de la région de Doukkala .....	69
IV.1.1.2. Localisation Géographique et climat de la région de Chaouia .....	69
IV.1.1.3. Localisation Géographique et climat de la région de Fkih Ben Saleh.....	69

---

IV.1.1.4. Localisation Géographique et climat de la région d’El Kelaa .....	70
IV.1.1.5. Localisation Géographique et climat de la région de Meknès.....	70
IV.1.1.6. Localisation Géographique et climat de la région de Gharb .....	70
<b>IV.1.2. Période d’étude et échantillonnage.....</b>	<b>71</b>
IV.1.2.1. Collecte d'échantillons .....	71
IV.1.2.2. Détermination des propriétés physico-chimiques du lait.....	72
IV.1.2.2.1. Analyse du pH.....	72
IV.1.2.2.2. Analyse de la densité du lait .....	72
IV.1.2.2.3. Analyse de la teneur en protéines .....	73
IV.1.2.2.4. Analyse de la teneur en matière grasse .....	74
IV.1.2.2.5. Analyse de la teneur en matière sèche .....	75
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>76</b>
 <b>Chapitre V: The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco</b>	
<b>Abstract .....</b>	<b>79</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>80</b>
<b>2. Material and Methods .....</b>	<b>80</b>
2.1 <i>Method of analysis</i> .....	80
2.2 <i>Study area and sampling</i> .....	80
2.3 <i>Collection of milk samples and laboratory analyzes</i> .....	81
<b>3. Results and discussion .....</b>	<b>82</b>
3.1 <i>Total nitrogen and non protein nitrogen by season and region</i> .....	82

---

3.2 Average protein content of the mixed milk.....	85
<b>4. Conclusion .....</b>	<b>87</b>
<b>5. References.....</b>	<b>87</b>

**Chapitre VI: Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**

<b>Abstract .....</b>	<b>91</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>92</b>
<b>2. Material and Methods .....</b>	<b>93</b>
2.1 Physicochemical analysis .....	93
2.2 Physico-chemical analysis method .....	93
<b>3. Results and discussion .....</b>	<b>93</b>
3.1 Physicochemical characteristics of milk.....	93
3.2 Chemical composition of milks .....	94
3.3 Correlation between physical and chemical parameter .....	98
<b>4. Conclusion .....</b>	<b>100</b>
<b>5. Acknowledgements .....</b>	<b>100</b>
<b>6. References.....</b>	<b>101</b>

**Chapitre VII: Changes of Physicochemical composition of Moroccan bovine's milk along the years**

<b>Graphical Abstract .....</b>	<b>107</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>107</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>108</b>

---

<b>2. Experimental</b> .....	108
<b>3. Results and discussion</b> .....	108
3.1 <i>Physicochemical analysis</i> .....	108
3.2 <i>Evolution of Physicochemical properties of Moroccan bovine's milk</i> .....	110
3.2.1 <i>Evolution of density</i> .....	111
3.2.2 <i>Evolution of fat</i> .....	112
3.2.3 <i>Evolution of protein</i> .....	112
3.2.4 <i>Evolution of defatted dry extract</i> .....	113
<b>4. Conclusion</b> .....	114
<b>5. References</b> .....	115
<b>Conclusion générale</b> .....	117

---

## **Introduction générale**

---

Le lait de vache est le principal produit laitier utilisé pour la consommation humaine, car c'est une riche source de nutriments essentiels (Lu et al., 2018).

Au Maroc, la filière laitière compte 400.000 exploitations, dont 90% disposent de moins de 10 vaches laitières. L'élevage laitier au Maroc représente 1,2 million de têtes pour une production de 2,45 milliards de litres produits/an. 60% de la production est destiné au lait industrialisé contre 20% pour l'autoconsommation locale et autant pour le lait de colportage.

La filière laitière couvre 94% de la demande intérieure. Et 5 entreprises génèrent plus de 75% du chiffre d'affaires total. La filière lait a une importance capitale dans l'économie agricole. Il convient de signaler que la filière laitière contribue à hauteur de 5%, en moyenne, au volume de la production agricole et représente 10,7% de celle de l'agroalimentaire.

La région de Rabat-Salé-Kénitra est la première zone laitière du Royaume, avec une production de 522 millions de litres de lait, suivie par les régions de Béni Mellal-Khénifra, Casablanca-Settat et Marrakech-Safi, qui fournissent, pour leur part, 47% de la production nationale du lait (HCP, 2018).

De même, l'élevage laitier remplit des rôles sociaux et économiques non négligeables pour la création d'emplois et de richesses dans les nombreuses exploitations agricoles détenant des vaches (Abakar et al., 2017).

En effet, l'amélioration de la qualité du lait est devenue un objectif affiché, et pourrait être prise en compte pour le paiement du lait (Rafiq et al., 2016). Les rares références publiées s'intéressent à la qualité hygiénique sans tenir compte des critères physiques et chimiques et des contaminants.

L'analyse des caractéristiques des laits de différentes zones permettra ainsi, de classer ces laits suivant leurs compositions, et de leur conférer par conséquent une valeur marchande, voire biotechnologique. Cet aspect constitue le but de la présente investigation, par la caractérisation du taux protéique, du taux butyrique et du taux extrait sec dégraissé des laits issus de la collecte au niveau des coopératives représentatives et des fermes.

Dans ce cadre, nous avons procédé à une étude de la qualité physico-chimique du lait de vache et les facteurs qui l'impacte, tout en comparant celle-ci par rapport aux études réalisées au Maroc en faisant paraître l'évolution de ses caractéristiques physicochimiques au cours des dernières années.

Le travail présenté dans ce mémoire de thèse est articulé autour de deux parties qui

---

sont réparties en sept chapitres. La première partie est destinée aux rappels bibliographiques, qui peuvent être utiles pour la compréhension de la suite du travail. Elle est subdivisée en trois chapitres et décrit l'état du lait, en particulier ses compositions physico-chimiques et la situation de la filière laitière au Maroc. La deuxième partie est répartie en quatre chapitres, décrivant les matériels et méthodes utilisés et les résultats expérimentaux obtenus sur la production de lait au Maroc.

Dans la première partie, le premier chapitre est consacré à une description succincte sur la production du lait et dérivés, les races des vaches et la situation de la filière laitière au Maroc et consiste en une synthèse bibliographique sur le lait de consommation : son collecte, ses étapes de fabrication et leur différence.

Le deuxième chapitre décrit les caractéristiques du lait, les propriétés physico-chimiques de ses compositions et la microbiologie.

Le troisième chapitre regroupe les exigences des industries laitières et les actions sur le lait pour une meilleure utilisation en technologie laitière.

Dans la deuxième partie qui relève des résultats expérimentaux trouvés au cours du présent travail, le quatrième chapitre est dédié à une description des régions d'étude et échantillonnage et les méthodes utilisées pour avoir les résultats d'analyses physico-chimique.

Le cinquième chapitre avait comme objectif d'étudier la variation de la teneur en azote non protéique sur des échantillons provenant des centres de collecte (coopératifs) du lait de vache et des fermes et la possibilité d'éliminer la phase relative à la détermination de l'azote non protéique pour calculer le taux protéique du lait.

Le sixième chapitre portait sur des analyses des caractéristiques physicochimiques du lait de vache et de les corrélés ensuite avec les conditions climatiques méditerranéennes.

Le septième chapitre visait à étudier l'évolution des principaux facteurs de variation physicochimique du lait frais de vaches marocaines en les comparant aux résultats des recherches effectuées au Maroc au cours des dernières années.

Finalement, une conclusion générale permet de récapituler les principales perspectives envisagées pour la poursuite de cette thématique de recherche.

---

**PREMIERE PARTIE :**

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**Chapitre I:**

**Lait : Généralités sur la filière laitière au Maroc**

## **I.1. Généralités sur le lait**

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6,6 à 6,8) légèrement acide, proche de la neutralité (Alais, 1984).

Le lait a été 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 de colostrum. »

Le lait est ainsi le seul aliment des nouveau-nés mammaliens et il y a autant de laits différents qu'il existe de mammifères au monde.

La dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache.

Le lait est composé d'une émulsion de matière grasse, une suspension de matière protéique caséuse, du lactose, des sels et minéraux, des protéines solubles et des traces d'éléments divers.

Les principaux constituants du lait sont donc par ordre décroissant de :

- Eau très majoritairement ;
- Glucides principalement représentés par le lactose ;
- Lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- Protéines : caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- Sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- Eléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes, vitamines, oligo-éléments ...

## I.2. Production du lait et dérivés au Maroc

Aujourd'hui, le secteur laitier marocain a connu un réel développement d'une filière nationale du lait (Fig. I-1) en lien étroit avec l'aval d'une part, par la modernisation des modes de production et l'obtention de rendements laitiers équivalents aux grandes exploitations européennes (25 litres/jour/vache) et d'autre part, par l'importation des races améliorées, l'adaptation des connaissances techniques d'élevage, le suivi sanitaire par les campagnes de vaccination et la lutte contre les épizooties, ont abouti à une autosuffisance dans le secteur laitier (HCP, 2018).

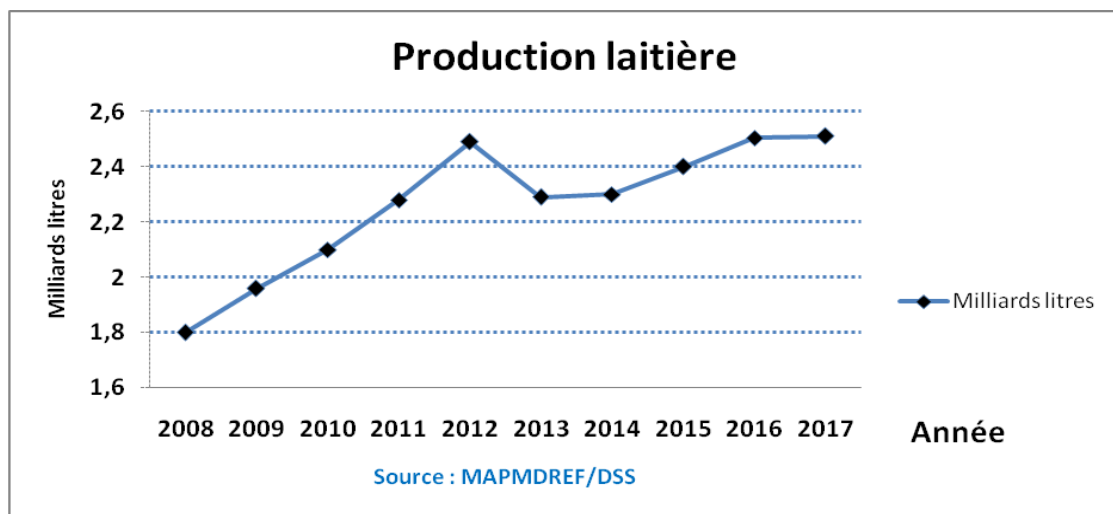


Fig. I-1 : Production laitière au Maroc

## I.3. Les races des vaches laitières au Maroc

La production de lait est impactée par le climat très instable. Au Maroc, 57% des vaches sont des races améliorées, les 43% restants sont des races locales.

Les races dites « améliorées » sont moins résistantes aux climats arides mais produisent 3 à 5 fois plus. Si les vaches locales ont une production moyenne de 6 à 10 litres par jour, la production des races améliorées atteint 25 à 28 litres (Benlekhal, 2017).

Au Maroc, on trouve trois types de races (Fig. I-2) :

- **Races pures** : Holstein (pie-noire, pie-rouge), Frisonne pie noire, Montbéliarde et Fleckviech : 25%
  - **Races croisées** : 32%
  - **Races locales** : 43%
- } **Race améliorée 57%**

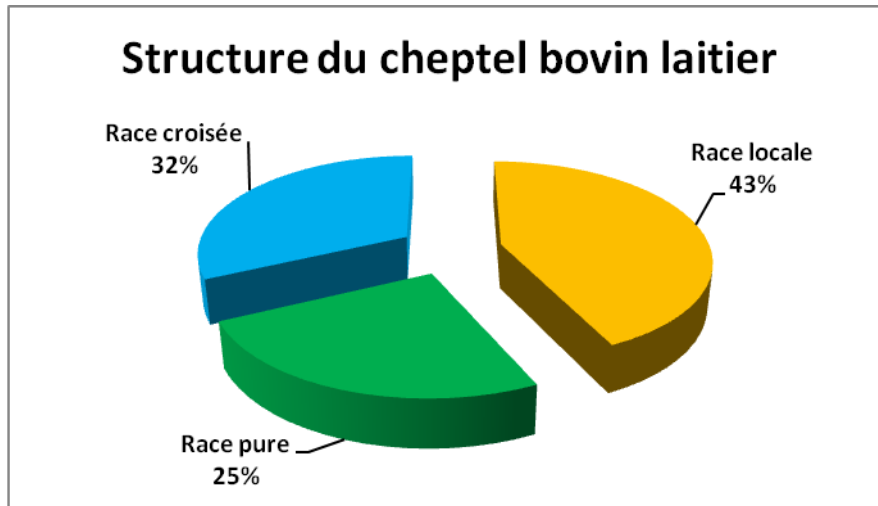


Fig. I-2 : Structure du cheptel bovin laitier au Maroc

#### I.4. Situation de la filière laitière au Maroc

Selon le haut commissariat au plan (HCP), la filière laitière contribue à hauteur de 5%, en moyenne, au volume de la production agricole et représente 10,7% de celle de l'agroalimentaire. La région de Rabat-Salé-Kénitra est la première zone laitière du Royaume, avec une production de 522 millions de litres de lait, suivie par les régions de Béni Mellal-Khénifra, Casablanca-Settat et Marrakech-Safi, qui fournissent, pour leur part, 47% de la production nationale du lait. Le nombre de centres de collecte de lait a atteint 2 800 en 2017, avec une capacité globale de collecte dépassant les 2,5 millions de litres de lait par jour. Le lait collecté, qui représente 64%, en moyenne, de la production laitière, est traité au niveau de 122 unités industrielles locales (HCP, 2018).

##### I.4.1. Modération de la production à partir de 2014

Selon HCP, l'activité laitière a progressé à un rythme modéré entre 2014 et 2017, après une phase de croissance soutenue qui avait marqué les cinq années antérieures. En moyenne annuelle, la progression de la production de lait s'est située à 1,9% par an, au lieu de 5% entre 2009 et 2013. Cette modération s'est accompagnée par une réduction des importations des produits laitiers hors fromage et beurre, notamment au cours des années 2015 et 2016. La balance commerciale du lait et des produits laitiers est restée toutefois déficitaire, s'établissant à près de 640 millions de dirhams en 2017. Près de 60 % des importations laitières ont émané de deux pays européens, les Pays-Bas (32,1%) et la France (27,5%) et ont concerné particulièrement le lait infantile, le lait frais UHT et le lait en poudre. Quant aux exportations de lait et de produits laitiers, 63,4% ont été expédiées vers la

Mauritanie, 20,9% vers le Qatar et 7,9% vers le Sénégal.

#### **I.4.2. Consommation du lait au Maroc**

Selon la fédération Interprofessionnelle Marocaine du lait, FIMALAIT, la consommation nationale moyenne est de 72 litres par habitant et par an, l'OMS recommande 90 litres. La forme liquide est de loin la plus consommée par les familles marocaines. A titre de comparaison, les français consomment environ 290 litres de produits laitiers par an et par habitant ! (Benlekhal, 2017).

Le lait destiné à la consommation est toujours un mélange, obtenu de la traite de plusieurs animaux. Cette pratique tend à réduire fortement l'importance des variations individuelles, mais des fluctuations notables subsistent qui dépendent de facteurs d'ordre génétique (espèce, race), physiologique (nombre de vêlages, époque de lactation, moment de la traite, état de santé, activité de l'animal), zootechnique (mode de traite, moment de la traite), alimentaire (foin, fourrage) et, enfin climatique (FAO, 1995).

#### **I.5. Lait de consommation**

L'industrie laitière a connu un important développement au cours de dernières décennies depuis le lancement des diverses stratégies économiques et à une productivité accrue par les progrès scientifiques et technologiques.

La concentration des usines, dans plusieurs autres domaines industriels, a donné naissance à des grandes entreprises où l'ordinateur et l'automatisation sont de rigueur (Alais, 1975).

##### **I.5.1. Collecte du lait**

La réception du lait, sa réfrigération, parfois sa pasteurisation et sa conservation avant son transport à la laiterie, est assurée par les centres de collecte qui constituent une liaison entre les producteurs et l'usine laitière.

L'intérêt de ces centres est double : permettre par une réfrigération précoce du lait d'améliorer sa conservation, économiser les frais de transport. Ils se justifient notamment lorsque les zones de ramassage sont éloignées de l'usine ou lorsque celles-ci sont constituées de petits fournisseurs dont l'accès à leur exploitation est difficile en raison de l'état des routes (Weber, 1985).

## **I.5.2. Etapes de fabrication**

### **I.5.2.1 La réception**

Avant d'arriver dans les supermarchés, le lait de consommation suit un parcours précis et nécessite différents traitements, comme la clarification, la standardisation, l'homogénéisation et la pasteurisation. Il faut porter particulièrement attention à deux facteurs en ce qui concerne le lait de consommation, soit son goût et sa durée de conservation (Burke et al., 2018).

### **I.5.2.2 La clarification**

Le lait est soumis à une centrifugation dans le but d'en extraire les particules plus denses, tels les débris cellulaires, les leucocytes et les matières étrangères.

Cette opération est effectuée entre la section de régénération et la section du chauffage de pasteurisateur à plaques, soit lors de l'écémage du lait avec un séparateur clarificateur qui combine ces opérations (Burke et al., 2018).

### **I.5.2.3 La standardisation**

Le lait subit une opération physique permettant à avoir une concentration donnée en matière grasse ou en protéine et offre à la clientèle un choix de lait de différentes teneurs. L'industrie laitière doit s'en tenir avec précision aux normes établies pour chacune de ces teneurs.

La standardisation peut se faire en cuvée ou en continu. Dans le premier cas, il s'agit de mélanger dans un réservoir du lait entier, du lait écrémé ou encore de la crème dans des proportions calculées pour en arriver au pourcentage de matière grasse désiré dans le mélange (Burke et al., 2018).

### **I.5.2.4 L'homogénéisation**

Le lait tend naturellement à la crème, c'est-à-dire que la graisse se sépare du liquide et remonte à la surface. L'homogénéisation du lait stabilise l'émulsion de la matière grasse du lait afin d'éviter cette séparation. Le processus implique l'éclatement des globules gras en fines particules. Ainsi, ceux-ci ne remontent pas à la surface, mais sont répartis uniformément et donnent au lait une texture crémeuse.

De plus, ce traitement donne au lait une saveur et une texture plus douces, plus onctueuses par la même teneur de matière grasse (Burke et al., 2018).

#### **I.5.2.5 La pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement thermique permettant de ralentir le développement de bactéries afin d'obtenir un lait sain et favoriser une conservation prolongée de lait en l'appliquant généralement à un traitement plus intense en température ou en temps de retenue, en évitant toutefois d'excéder des zones limites au delà desquelles le lait prendrait un goût de cuit (Grappin and Beuvier, 1997).

#### **I.5.2.6 Le refroidissement**

Après la pasteurisation, le refroidissement du lait à une température proche du point de congélation favorise un stockage plus long. Au stade post-pasteurisation et lors du conditionnement, il est également important d'éviter toute contamination, notamment par les bactéries psychotropes, qui sont principalement responsables de la détérioration ultérieure des pasteurisés (Hall and Trout, 1968).

De manière générale, le refroidissement consiste à abaisser rapidement la température du lait entre 0 et 4 ° C, permettant de ralentir au maximum le développement bactérien sans aggraver les changements physico-chimiques.

#### **I.5.2.7 Le conditionnement**

Les produits laitiers conditionnés doivent avoir certaines qualités particulières: présenter une forme et une apparence attrayante ; offrir une protection efficace contre le choc physique, de la lumière et de la chaleur; être facile à ouvrir, préserver le contenu des odeurs, substances de saveurs étrangères, bien se manipuler, être fait de matériel inerte, être économique et adaptés aux exigences modernes de production et transmettre au consommateur des informations relatives au produit (Mann, 1970).

Le nettoyage et l'assainissement ou la stérilisation des équipements de conditionnement sont des opérations d'importance primordiale pour la qualité du produit fini, et doivent se faire selon le principe et les procédés finis. L'efficacité de ces opérations est vérifiée par des examens microbiologiques du produit fini et des surfaces de l'équipement (Dunkley and Stevenson, 1987).

#### **I.5.2.8 L'entreposage**

La chambre froide est considérée comme le point de transition où le produit fini doit rester le plus court possible avant la distribution, pour des raisons de fraîcheur et d'économie. Le but de cette salle est de préserver la qualité des produits et ne doit pas être un remède à un

manque de refroidissement à d'autres étapes de la production. (Brochu et al., 1984). Sa capacité doit répondre aux besoins de l'usine, en tenant compte du mode de stockage utilisé, de la variété des formats ou des produits proposés, du nombre de sous-produits laitiers distribués. L'éclairage doit être adéquat sans affecter la réfrigération et la qualité du produit, faciliter le travail du personnel et permettre de juger rapidement de la propreté des locaux (Imran et al., 2010).

### **I.5.3. Les différents laits de consommation**

#### **I.5.3.1 Lait cru**

C'est un lait qui n'a subi aucun traitement thermique puisqu'il « sort » du pis de la vache à 38°C- 38.5°C (Blanc, 1982).

Le lait cru doit provenir de :

- Animaux sains reconnus indemnes de brucellose et de tuberculose,
- Exploitations (étables), soumise a un contrôle vétérinaire,
- Préparation (traite, conditionnement, stockage) effectuée dans des conditions hygiéniques satisfaisantes (Luquet, 1985).

#### **I.5.3.2 Laits traités thermiquement**

Selon l'intensité des traitements thermiques, il existe : du lait pasteurisé conditionné et du lait de longue durée (Beal and Corrieu, 1991).

##### **I.5.3.2.1 Lait pasteurisé conditionné**

L'objectif de la pasteurisation est la destruction de tous les micro-organismes pathogènes dans le lait. On distingue trois types :

- Pasteurisation basse (62-65°C/30min) : elle n'est réalisable qu'en lot et abandonnée en laiterie.
- Pasteurisation haute (71-72 °C/15-40 sec) ou HTST (High Temperature Short Time) : elle est réservée aux laits crus de bonne qualité. Organoleptiquement et nutritionnellement, une forte pasteurisation a peu d'effet : la phosphatase alcaline est détruite et la peroxydase reste active.
- Flash pasteurisation (85-90°C/1-2 sec) : elle se pratique sur du lait cru de mauvaise qualité. la phosphatase et la peroxydase sont détruites (Beal and Corrieu, 1991).

#### **I.5.3.2 Lait de longue conservation**

Les laits ont subi un traitement thermique de type « stérilisation » dont l'objectif est de détruire tous les microorganismes. Ce sont des laits de moins bonne qualité organoleptique et nutritionnelle que des laits pasteurisés (Pointurier, 2003).

- Les laits stérilisés : le lait est tout d'abord pasteurisé (130-140°C/3-4 sec), puis il est refroidi à 70-80°C et mis en bouteille puis subit une deuxième stérilisation (115°C /15-20 min), suivi d'un refroidissement rapide. Ces laits présentent des défauts de couleur et de goût dus aux réactions de Maillard. La date limite de consommation est de 150 jours (Vignola, 2002).
- Laits U.H.T (Ultra haute température- Ultra high temperature) : le lait est traité à 135-150°C/1-6 sec). Ce traitement permet de mieux préserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques originelles de lait. Sa date limite de consommation est 90 jours (Cerf, 1985).

#### **I.5.3.3 Les laits concentrés**

Les laits concentrés sont des produits dont la concentration en solides de lait est environ le double de celle du lait frais (Pien, 1975).

La stabilité du lait peut être assurée en réduisant l'activité de l'eau (a.w), ceci est réalisé par élimination partielle de l'eau et ajout de sucre. Le principe consiste à évaporer sous vide afin d'abaisser la température d'ébullition (Pien, 1975). Ils sont de deux types : lait concentré non sucré et lait concentré sucré (Blanc, 1982).

#### **I.5.3.4 Les poudres de lait**

Les poudres de lait sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait (Hall and Trout, 1968). Les poudres de lait sont divisées en 3 groupes (Fig. II-1). La composition et les propriétés doivent répondre à certaines conditions qui permettent de classer chaque type de poudre en différentes catégories (Blanc, 1982).

- lait entier en poudre ou poudre de lait entier : correspond à un lait dont la teneur en matières grasses laitières est d'au moins 26% en poids (Mariaca and Bosset, 1997).
- lait partiellement écrémé en poudre ou poudre de lait partiellement écrémé correspond à un lait dont la teneur en matières grasses laitières est supérieure à 1,5% et inférieure à 26% en poids (Mariaca and Bosset, 1997).

- lait écrémé en poudre ou poudre de lait écrémé correspond à un lait dont la teneur en matières grasses laitières ne doit pas excéder 1,5% en poids (Mariaca and Bosset, 1997).

Le lait en poudre (Fig. II-2), doit contenir en poids un maximum de 6% de sel et un minimum de 34% de protéines de lait (Mariaca and Bosset, 1997).

### **I.5.3.5 Les laits spéciaux**

Une large gamme de laits de consommation, différant par leur composition et leur qualité nutritionnelle, est apparue sur le marché afin de répondre à la demande du consommateur. On retrouve ainsi des laits infantiles, vitaminés, enrichis en calcium, phosphore, magnésium, fibres, laits biologiques ou encore des laits de croissance, laits aromatisés, sans lactose, etc... (Schuck et al., 2000).

#### **I.5.3.5.1 Laits infantiles**

Le lait maternel est parfaitement adopté aux besoins du nouveau né. Cependant lorsque l'allaitement maternel est difficile, les laits dits « maternisés » à partir de lait de vache ont pris le relais. Si nous comparons la composition quantitative entre le lait de femme et le lait de vache, nous pouvons voir que le lait de vache est plus riche en protéines et en sels minéraux, tandis que le lait de femme est plus riche en lactose (Schuck et al., 2000).

La maternisation du lait de vache s'est faite par correction de sa composition au plan quantitatif et qualitatif (Schuck et al., 2000).

#### **I.5.3.5.2 Laits supplémentés**

##### **a. Laits à teneur garantie en vitamines**

Les laits sont supplémentés en vitamines pour augmenter les taux initiaux contenus dans le lait cru. La législation autorise l'ajout de vitamines (à l'exception de la vitamine D) à un aliment ayant subi des pertes lors de la transformation, de sorte que la teneur en vitamines du produit fini représente entre 80 et 200% de la quantité contenue dans les matières premières utilisées (Schuck et al., 2000).

##### **b. Laits enrichis en vitamines, protéines et minéraux**

Ces laits contiennent des quantités nettement supérieures aux teneurs naturellement présentes dans le lait avant transformation. Ils sont destinés à des groupes de population qui ne peuvent couvrir leurs besoins par une alimentation normale : personnes dont le

métabolisme est perturbé, femmes enceintes, malades, etc. Les principales caractéristiques des laits destinés aux femmes enceintes ou allaitantes sont :

- Teneur en acide folique de 26 à 29 mg/100g.
- Teneur en magnésium de 16 à 17 mg/100g.

La composition d'un litre de lait couvre non seulement les besoins quotidiens en calcium (1200 mg), mais garantit également un apport de 260 µg de vitamine (un peu plus de 60% de l'apport nutritionnel recommandé) (Schuck et al., 2000).

- |  |  |
|--|--|
| 1 : écrémage                           | 9 : agrégation thermique + CaCl <sub>2</sub>           |
| 2 : emprésurage et coagulation         | 10 : électrodialyse                                    |
| 3 : ensemencement et acidification     | 11 : chromatographie                                   |
| 4 : acidification minérale ou lactique | 12 : chauffage à 55 °C<br>durant 30 minutes à pH = 3,8 |
| 5 : pasteurisation ou traitements UHT  | 13 : séchage   |
| 6 : barattage                          | 14 : homogénéisation                                   |
| 7 : microfiltration                    | 15 : hydrolyses enzymatiques                           |
| 8 : ultrafiltration                    |  |

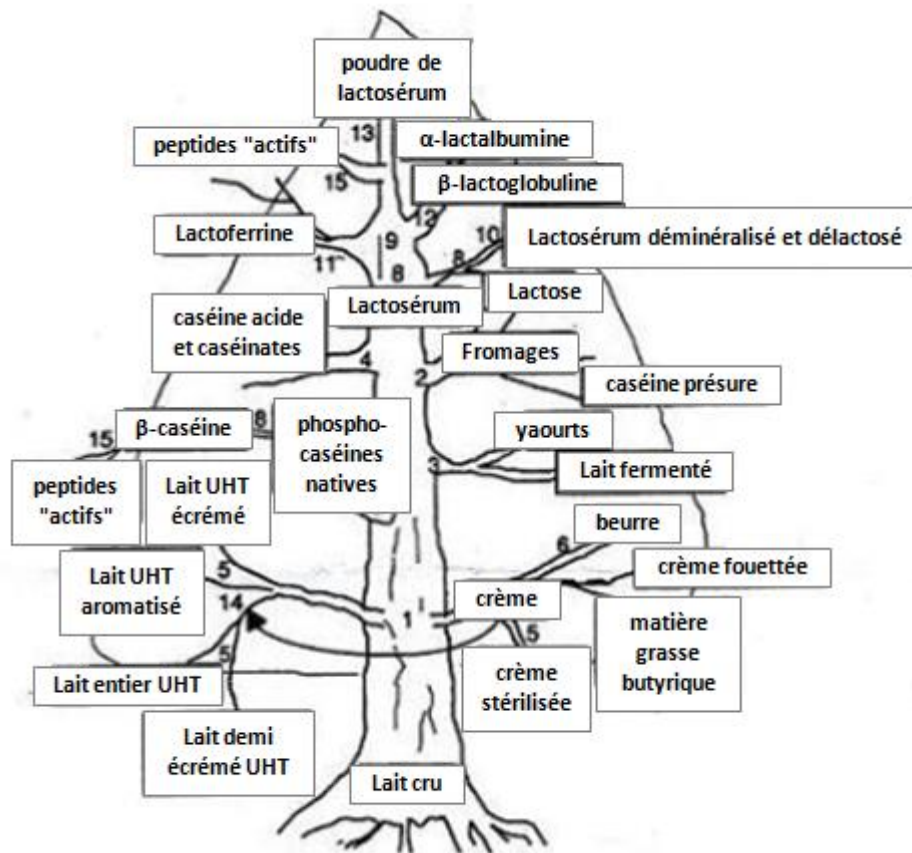


Fig. I-3: Diversité des produits issus du lait (présentation non exhaustive) et techniques de séparation de ses différents composants (Cayot and Lorient, 1998)

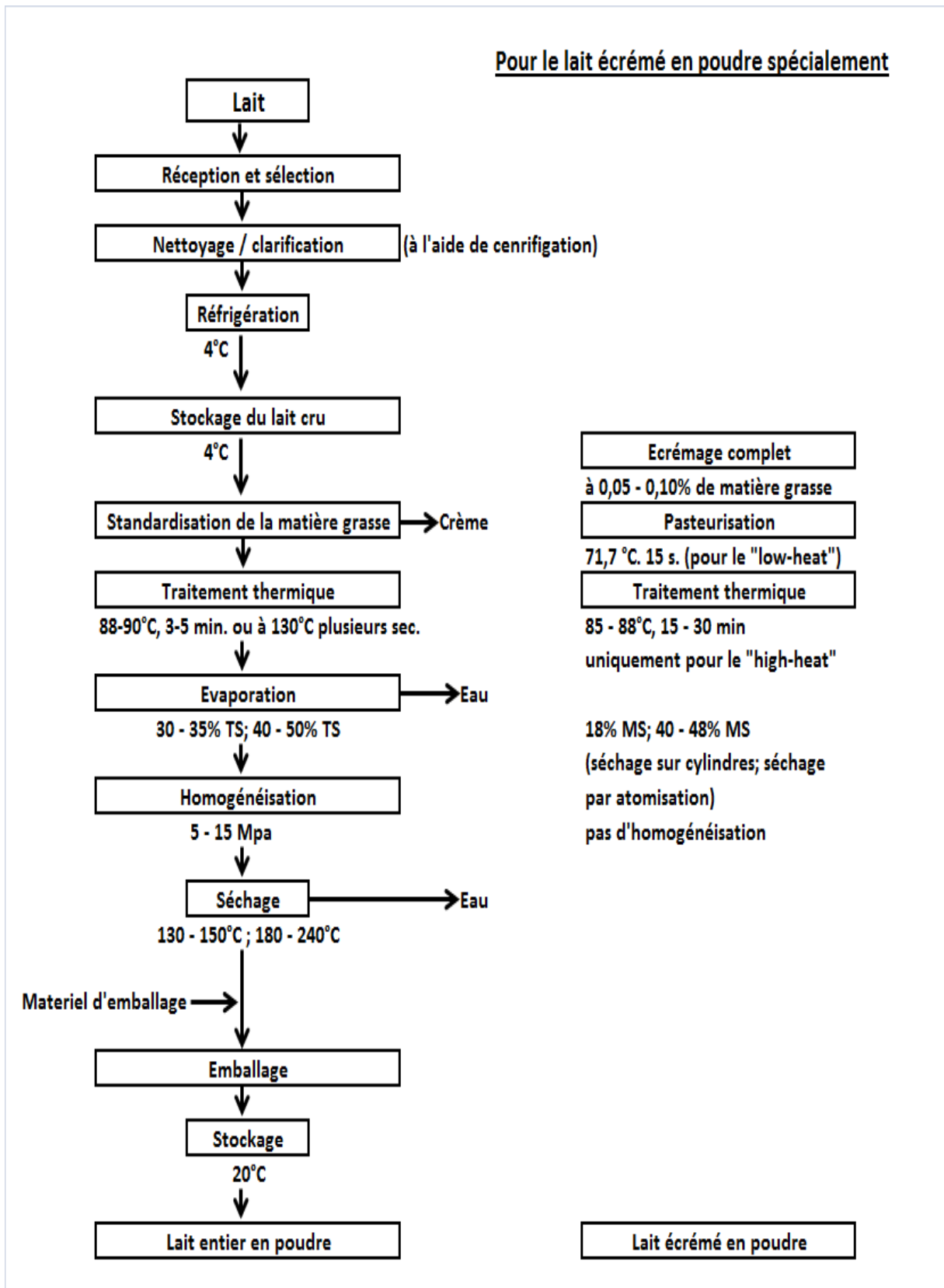


Fig. I-4: Schéma de fabrication du lait en poudre (Vignola, 2002)

**Chapitre II:**

**Le lait : Caractéristique, composition et microbiologie**

## **II.1. La matière première de l'industrie laitière**

L'industrie laitière occupe une place importante et particulière dans l'Agroalimentaire. D'une part parce que l'industrie laitière se caractérise par la transformation d'une unique matière première et non pas par l'assemblage de matières premières diverses et d'autre part parce qu'elle produit une multitude de fabrications et de produits différents.

Les contacts avec les fournisseurs de lait sont quotidiens et le concept de qualité du lait est devenu primordial puisqu'il définit la qualité du produit fini et donc la satisfaction des consommateurs.

Le transformateur doit donc répondre à trois critères : assurer d'abord la santé du consommateur et la satisfaction de ses attentes, puis se conformer à la réglementation en vigueur et enfin respecter le cahier des charges de ses clients (distributeurs notamment), et pour cela, trois domaines doivent être pris en compte (**Pougheon and Goursaud, 2001**) :

- **La composition en matière utile** : matière grasse et matière protéique sont les deux composants les plus étudiés en termes de gestion et de revenus pour le producteur, d'orientation pour la recherche, la génétique et l'alimentation animale.
- **La qualité microbiologique et hygiénique du lait** : cette qualité est évidemment importante en termes de santé des consommateurs et de respect des réglementations mais aussi pour des contraintes technologiques dont les besoins sont différents selon le produit final souhaité : le producteur de lait de consommation recherche un lait biologiquement stable tandis que le fromager a besoin d'enzymes qui interviennent pendant la maturation.
- **Les contaminants chimiques** : de la même manière, le lait peut être contaminé par des inhibiteurs, des résidus de médicaments ou de pesticides, des métaux lourds... qui peuvent être nocifs tant pour les consommateurs que pour la technologie.

Le lait qui arrive à l'usine constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe, ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits (Weber, 1985).

Il existe deux principaux types de variation, au stade animal et au stade de la transformation du lait.

### **II.1.1 Variations au stade de l'animal**

La composition chimique et les caractéristiques technologiques du lait varient en raison d'un grand nombre de facteurs.

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état de santé, etc.) soit à l'environnement et à la gestion de l'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.

Pour certains facteurs, comme le stade physiologique et la saison, l'éleveur n'a aucun moyen d'action, il est donc nécessaire d'en connaître les influences car elles peuvent expliquer certaines variations de la composition non seulement au niveau de l'individu, mais aussi au niveau des laits de mélange.

Contrairement à ce dernier, le contrôle de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressant car il peut permettre à l'agriculteur d'agir sur la composition du lait et d'améliorer ses caractéristiques.

Les facteurs génétiques et nutritionnels restent donc les principaux leviers d'action.

En pratique et à petite échelle, on constate que les variations de taux d'une ferme à l'autre sont principalement dues à des facteurs environnementaux (alimentation, traite). Et que les différences génétiques entre troupeaux voisins sont en général faibles, car les éleveurs choisissent souvent les mêmes caractéristiques de production.

### **II.1.2 Variations au stade du traitement du lait**

De la traite à son utilisation en industrie, le lait subit de nombreuses manipulations, pendant son transport, sa conservation, son stockage et son traitement de préparation.

L'industriel joue, encore une fois, dans ce cas, un rôle important, car pour satisfaire certaines exigences réglementaires et hygiéniques, il manipule sa matière première, puis la réadapte aux besoins de la transformation.

L'industrie utilise les nouvelles technologies pour compenser cette variation naturelle du lait et exploiter toutes les ressources et tous les constituants révélés par cette matière première.

### **II.2. Composition chimique du lait**

Le tableau 1 représente la composition chimique du lait de vache, il montre les principales catégories de constituants du lait : eau, lactose, matière grasse, protéines et les constituants salins mais ne nous révèle pas la multitude de ses substances et la complexité de sa composition (*Alais, 1984*).

On retrouve principalement dans le lait (Tableau 2) : eau, lipides (triglycérides), protéines (caséines, albumines, globulines), glucides (essentiellement le lactose), sels (sels d'acide phosphorique, sels d'acide chlorhydrique, etc.). D'autres composants sont présents mais en petites quantités. Cependant, certains d'entre eux, en raison de leur activité biologique, sont d'une grande importance. Ce sont : les enzymes (peroxydase, catalase, phosphatase), vitamines (facteurs A, D, B1, B2, B6, B12, etc.), lécithines (phospholipides), nucléotides, cellules (leucocytes, cellules épithéliales, etc.). En plus de ces constituants, le lait contient également des micro-organismes en quantités variables selon l'état de santé de la femelle laitière, l'hygiène, la traite et les diverses manipulations subies par le lait (Poueme, 2006) (Pougheon and Goursaud, 2001).

**Tableau 1: Composition chimique du lait de vache**

Substances	Quantité en g/l	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) Eau liée (3,7%)
Glucide : lactose	49	Solution
Lipides	35	En solution de globules gras (3-5 $\mu$ )
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides)	0,5	
Partie insaturable (stérol, carotène, tocophérols)	0,5	
Protide	34	Suspension micellaire de phosphocaséinates de calcium (0,08 à 0,12 $\mu$ ) Solution colloïdale Solution vraie
Caséine	27	
Protéines solubles (albumine, globuline)	5,5	
Substances azotées non protéiques	1,5	
Sel	9	Solution ou état colloïdale (sel K, Ca, Na, Mg...)
Acide citrique	2	
Acide phosphorique (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	2,6	
Acide chlorhydrique (HCl)	1,7	
Constituants divers :		
Vitamines, enzymes, gaz dissous,	Trace	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

### II.3. Les différentes phases de l'évolution naturelle du lait

Le lait est un mélange hétérogène et s'il est laissé un certain temps à température ambiante (Fig. III.1), il évolue : cela permet de mettre en évidence différentes phases de son évolution (Pougheon and Goursaud, 2001).

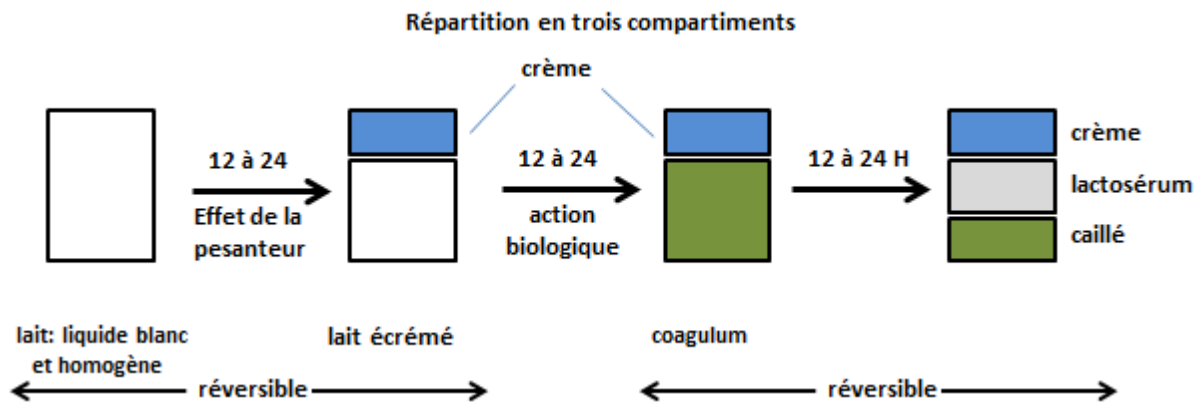


Fig. II.1. Evolution du lait cru abandonné vers 20°C

Le lait est donc un milieu hétérogène dans lequel coexistent trois phases distinctes :

- La phase aqueuse qui contient de l'eau (87% de lait) et des produits solubles pouvant donner lieu à du lactosérum (lactose, sels, protéines solubles, composés azotés non protéiques, biocatalyseurs tels que vitamines hydrosolubles ou enzymes) ;
- La suspension colloïdale micellaire (2,6%) qui peut donner naissance au caillé obtenu par la coagulation des caséines suite à l'action de micro-organismes ou d'enzymes ;
- L'émulsion (4,2%) qui peut donner naissance à la crème, une couche de globules gras recueillis à la surface du lait par gravité.

Il s'avère donc que l'eau est l'élément le plus important ; elle joue le rôle de dispersant des différents constituants du lait qui forment en son sein des secteurs différents par leur composition et leur dimension.

La figure III.1 montre que les constituants du lait sont divisés en trois compartiments de base, mais ne révèle pas la finesse et la complexité de la composition du lait. Celle-ci est décrite dans le Tableau 3 qui présente précisément le contenu des trois secteurs du lait (phases : aqueuse vraie, colloïdale, émulsion). On doit aussi y ajouter la suspension microbienne et cellulaire, puisque dans les conditions techniques réglementairement reconnues de production du lait à la ferme, la présence de ces micro-organismes typiques et de cellules somatiques est probable.

Tableau 2. Phases, subdivisions et dimensions des constituants du lait à la traite

<b>1 - EAU</b>	<b>87%</b>	
<b>2 - MATIERE SECHE TOTALE</b>	<b>13%</b>	
<b>2.1 constituants dissous de la phase aqueuse vraie</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• solution de molécules et ions &lt; 1 nm</li> </ul>	glucidique 4,8 saline 0,8	lactose (4.8) ; oligosaccharides (0.1) sels organiques (citrates,...), minéraux (phosphates) K, Ca, Cl, P, Na, Mg, CO <sub>2</sub> et colloïdaux dans les micelles de caséines oligoéléments, Zn, Cu, Fe,...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• protéines solubles &lt; 10 nm</li> <li>• composés azotés</li> <li>• biocatalyseurs</li> </ul>	0,6 0,03 traces	β-LG, α-LA, SA, IgG , protéoses peptones protéines diverses (lactoferrine 0,2g/l ...) urée, AAL, créatine, acide orotique, ... vit B, (B2), ... enzymes (lactoperoxydase 0,03 g/l), ...
<b>2.2 constituants en phase colloïdale</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• suspension de micelles de caséinophosphates de calcium - caséines seules - 50 nm&lt;10<sup>15</sup>micelles/ml&lt;150 nm</li> </ul>	2,6	partie organique : αs-CN, β-CN, κ-CN et partie minérale( (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub> , Ca, Mg ...)
<b>2.3 constituants en phase émulsion</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• émulsion de globules gras (GG) 3000nm&lt;10<sup>10</sup>GG/ml&lt;5000nm - lipides totaux (partie centrale et lipides de la membrane dont phospholipides et cholestérol) - membrane du globule gras - composés liposolubles</li> </ul>	4,2	Tri-; 1-2di- et mono-glycérides (95,80;2,25 et 0,08%) phospholipides, cholesté(rol)rides (1,11 ; 0,46 et 0,02%), AG libres (0,28%) 2 à 6% du globule, 50% lipidique, 50% protéique (dont xanthine-oxydase et butyrophiline : 0,4 g/l) vit A, D, E, K, β-carotène, ...
<b>2.4 suspensions cellulaires et microbiennes</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• suspension cellulaire 8000nm&lt;10<sup>5</sup> cel/ml&lt;40000nm</li> <li>• suspension microbienne 2000nm&lt;10<sup>4</sup> bact/ml&lt;6000nm</li> </ul>		leucocytes, lymphocytes, cellules épithéliales bactéries lactiques et microorganismes

### **II.3.1 Les constituants de la phase aqueuse**

La phase aqueuse est constituée de toutes les substances dissoutes dans l'eau, ses substances se caractérisent par leur poids moléculaire et leur petite taille.

En fromagerie, cette phase aqueuse est obtenue par séparation de la caséine par coagulation acide ou enzymatique.

Les caractéristiques du lactosérum sont les valeurs les plus constantes parmi toutes celles qui concernent le lait (Alais, 1984).

#### **II.3.1.1 Solution de molécules et ions < 1nm**

##### **II.3.1.1.1 Le lactose et autres glucides du lait**

###### **a. Les glucides du lait : généralités**

Les glucides sont principalement représentés dans le lait par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours très faible).

Cependant, le lait contient deux types de glucides (Walstra, 1999) :

- Glucides libres et dialysables (= les oligoholosides) ;
- Glucides combinés en glycoprotéines et non dialysables.

On distingue selon un classement basé sur leur polarité électrique :

- Glucides neutres : lactose, glucose, galactose ;
- Glucides azotés : glucosamine N-acétylée et galactosamine N-acétylée ;
- Glucides acides toujours liés aux glucides neutres ou azotés : acide sialique.

La teneur en glucides variable au cours de la lactation est différente selon l'espèce prise en compte : par exemple, le lait maternel contient beaucoup plus de glucides que le lactose par rapport au lait de vache.

###### **b. Le lactose**

C'est le composant principal le plus simple et le plus constant du lait. C'est un sucre extrêmement rare en dehors de sa présence dans le lait.

###### **• Structure physique**

Le lactose est un disaccharide ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) réducteur spécifique du lait puisque sa synthèse se déroule dans la glande mammaire par fixation par liaison 1-4 d'un bêta galactose

sur un glucose.

Il est synthétisé dans les acini à partir du glucose sanguin produit principalement dans le foie.

• **Propriétés physico-chimiques du lactose**

Le lactose est le constituant du lait, le plus rapidement attaqué par action microbienne, les bactéries transforment le lactose en acide lactique, cette transformation parfois gênante est souvent utilisée en industrie laitière et notamment pour l'obtention des laits fermentés et yaourt (Alais, 1984).

• **Constantes physiques du lactose (Tableau 4)**

Le lactose peut être sous forme  $\alpha$  ou  $\beta$  en fonction de la configuration stéréochimique du carbone 1 réducteur de glucose. Les 2 anomères ont des caractéristiques différentes :

**Tableau 3.** *Constantes physiques du lactose (Morrissey, 1985)*

<b>Constantes</b>	<b>L <math>\alpha</math></b>	<b>L <math>\beta</math></b>	<b>L <math>\alpha + \beta</math></b>
Pouvoir rotatoire $\alpha_{25D}$	+ 89,4°rd	+ 35°rd	+ 55°rd
Point de fusion	221°C	235°C	203
Masse molaire (g/mol)	342	342	
Solubilité initiale à 15°C (g/100g eau)	7	50	17

Quelques remarques sur la solubilité :

- La forme  $\beta$  plus soluble prédomine jusqu'à 93°C mais au-delà de cette température, la forme  $\beta$  perd sa solubilité.
- A 15°C, la solubilité initiale est assez faible (10 fois plus faible qu'un sucre ordinaire) mais elle s'élève après une agitation prolongée (de 7,3 à 17 g/100g d'eau).
- La solubilité augmente avec la température (à 25 °C, elle est de 22 g/100g d'eau).

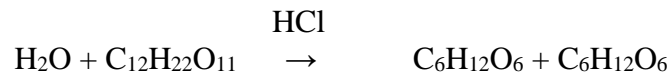
• **Goût sucré**

Le lactose a un goût sucré faible : son pouvoir sucrant est 6 fois plus faible que le sucre ordinaire. Par exemple, si on considère le pouvoir sucrant du saccharose égal à 100, celui du fructose est de 170, celui du glucose de 75 et celui du lactose de 17 (Morrissey, 1985).

• **L'hydrolyse du lactose**

Cette action est assez difficile car le lactose est stable vis-à-vis des agents chimiques. Il faut donc utiliser soit (Morrissey, 1985) :

• **Un acide à haute température :**



L'hydrolyse acide est un processus industriel fortement concurrencé par le processus enzymatique.

• **Soit la voie enzymatique par action d'une lactase (ou  $\beta$ -galactosidase).**

Cette technique est utilisée dans diverses opérations industrielles conduisant à des produits de lactose hydrolysés contenant du galactose et du glucose.

• **Propriétés réductrices**

Le lactose est un sucre réducteur en raison de la présence d'un groupe aldéhyde libre (contrairement au saccharose). Le résultat est une méthode de dosage couramment utilisée avec la liqueur cuivrique alcaline de Fehling (Norme NF V04-213 de janvier 1971).

Aujourd'hui, cependant, la méthode de dosage de la liqueur Fehling devient obsolète et des méthodes telles que la HPLC (chromatographie liquide à haute pression) ou la spectrophotométrie IR utilisées dans l'industrie sont préférées.

• **Réaction avec des substances azotées**

Les sucres, par leurs fonctions aldéhydes libres, réagissent avec diverses substances azotées (ayant une fonction amine) pour former des composés condensés, réducteurs et pigmentés en brun : toutes ces réactions complexes sont appelées réactions de Maillard.

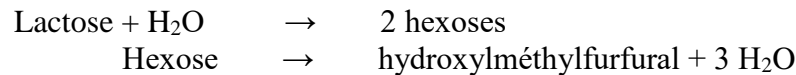
Ces réactions conduisent les protéines de lait concernées à dévaluer la valeur biologique des protéines, une couleur brune et un goût caramel.

Pour limiter ces réactions, il faut employer des températures aussi basses que possible, maintenir les produits déshydratés dans une atmosphère sèche, employer du matériel sans fer ni cuivre qui catalyserait la réaction ou utiliser une technologie adaptée en stérilisation à l'autoclave par exemple (Morrissey, 1985).

• **La dégradation du lactose par la chaleur**

Comme tous les autres sucres, l'action de la chaleur sur le lactose entraîne la formation d'un caramel vers 175°C ; cependant dans le lait chauffé, le brunissement apparaît à partir de 120 ° C avec un goût cuit différent de celui du caramel.

Sous l'effet de la chaleur, la transformation du lactose entraîne la formation d'un acide organique :



L'hydroxyméthylfurfural est un corps labile qui a tendance à se décomposer en acides lévulique et formique.

De plus, le chauffage du lait entraîne une certaine transformation du lactose en lactulose (par isomérisation du résidu glucose en fructose), qui est un marqueur pour démontrer l'intensité du traitement thermique appliqué.

• **Transformation biologique du lactose : Métabolisme : l'hydrolyse enzymatique :**

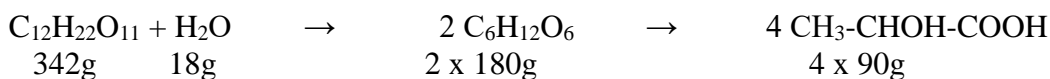
Le métabolisme du lactose commence dans le jéjunum par l'action de la  $\beta$  galactosidase intestinale qui libère lentement le glucose et le galactose au sein de l'organisme.

Le galactose et le glucose sont ensuite utilisés dans les cycles biologiques du métabolisme après phosphorylation.

Ce type d'hydrolyse est utilisé dans l'industrie : des lactases de levures (*Kluyveromyces fragilis* ou *lactis*) ou des lactases fongiques (*Aspergillus niger* ou *orizae*) sont utilisées.

▪ **La fermentation lactique**

Certaines bactéries adaptées au métabolisme du lactose (car possédant une  $\beta$ -galactosidase) effectuent cette fermentation qui donne comme métabolite final essentiellement de l'acide lactique :



Ces bactéries lactiques (lactobacillus et streptocoques) sont utilisées dans l'industrie pour obtenir des laits fermentés ou des fromages frais (en abaissant le pH lors de l'acidification lactique) ou même pour la production de fromages affinés.

Cependant la réaction est plus complexe qu'il n'y paraît, c'est une succession de 10 étapes dont les neuf premières sont communes à différentes fermentations.

### **c. Importance en technologie laitière et conséquences des variations**

Le lactose est le substrat essentiel des ferments lactiques. Sa teneur initiale peut conditionner le déroulement de la fermentation lactique : une teneur trop élevée peut être responsable de post-acidification préjudiciable pour la qualité du fromage. Une réduction de sa teneur peut limiter le déroulement de la fermentation et réduire en conséquence la baisse du pH, ce qui aura des effets sur la texture et le déroulement de l'affinage.

Dans l'industrie, l'utilisation du lactose est multiple : porteur d'arôme, diluant ou excipient dans l'industrie pharmaceutique, en diététique comme charge glucidique peu sucrée, substrat de culture pour la maturation des ferments dans les viandes.

L'industrie de l'alimentation animale utilise le lactose hydrolysé comme aliment liquide complémentaire pour veaux de boucherie.

### **II.3.1.1.2 Sels organiques et minéraux, oligo-éléments**

#### **a. Les différents composants**

D'un point de vue nutritionnel et technique, il est essentiel que les minéraux et le sel du lait (environ 9 g/l) soient distribués de manière complexe. En effet, le lait contient tous les minéraux nécessaires à l'organisme, notamment le calcium et le phosphore (Brulé et al., 1997).

Les minéraux ne sont pas seulement sous forme de sels solubles (molécules et ions) ; Une grande partie se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséine) (Gueguen, 1979).

Les matières minérales ou cendres du lait peuvent être mesurées par la méthode de calcination à 550 °C (mais cela ne prend pas en compte la véritable teneur en sel de lait) (Norme NF V 04-208). Il a été constaté que la composition des minéraux varie selon les espèces, la race (la normande a une teneur en calcium et en phosphore plus élevée que chez la Frisonne ou la Prim'holstein), le temps de lactation et les facteurs techniques des animaux (Brulé et al., 1997).

Les principaux macroéléments présents dans le lait sont, le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore (Neville, 1995). Ces éléments sont répartis différemment entre la phase colloïdale et la phase soluble du lait : les alcalins (Na et K) et les chlorures sont présents en totalité dans la phase soluble tandis que les alcalino-terreux (Ca et Mg) sont distribués entre les deux phases. L'affinité relative des constituants protéiques et non protéiques détermine la répartition des éléments minéraux entre les phases colloïdales et solubles du lait.

Le lait contient également des oligo-éléments vitaux pour le corps humain, tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor, l'iode et le molybdène.

b. Influence des paramètres physico-chimiques sur les équilibres minéraux (Brulé, 1997)

• **La température et le pH**

Une baisse de température provoque une dissolution partielle du calcium micellaire et inversement, une augmentation de celle-ci provoque une diminution du calcium soluble qui entre dans la phase micellaire et devient insoluble.

• **Addition de sels**

L'addition, par exemple, de chlorure de sodium peut favoriser la dissolution du calcium micellaire (Gueguen, 1979). Dans la fabrication du fromage, il est préféré en fromagerie pour faciliter la coagulation des laits traités thermiquement et donc l'augmentation du taux de calcium ionique, l'ajout de  $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$  qui apportent au lait pasteurisé de fromagerie des ions  $\text{Ca}^{2+}$  indispensables à sa coagulation enzymatique (Goursaud, 1987).

**II.3.1.2 Protéines solubles <10nm et composés azotés**

**II.3.1.2.1 Les différents constituants azotés du lait et leur dosage**

Il existe une différence entre l'azote des protéines (AP), techniquement exploitable et l'azote non protéique (ANP) qui n'a aucun effet technologique. L'ANP représente 3 à 7% de l'azote total dont 36 à 80% d'urée, il est le résultat d'une altération du lait ou d'une dégradation des protéines. La détermination de l'azote dans le lait est effectuée par la méthode de Kjeldahl, qui implique la minéralisation du lait par voie humide et la détermination de l'azote total (AT). Afin de mesurer uniquement l'ANP, on réalise un filtrat, après précipitation des protéines du lait avec de l'acide trichloroacétique à 12% puis la méthode de Kjeldahl est appliquée pour évaluer la teneur en ANP.

Il est donc possible de calculer le taux de protéines (TP), qui est une caractéristique

essentielle de la valeur marchande du lait :

$$TP = (AT - ANP) \times 6,38$$

6,38 étant le facteur de transformation de la masse d'azote en g en protéines laitières (on considère que la teneur en azote dans une protéine est de 15,67% d'où  $100/15,67 = 6,38$ ) (Wiles et al., 1998).

### II.3.1.2.2 Classification des protéines

Il existe 2 principaux groupes de protéines : la caséine et les protéines de lactosérum (tableau 5) (Sottiez, 1985).

La caséine et les micelles de caséine sont la partie protéique la plus intéressante dans la technologie laitière, en particulier le fromage (Brunner, 1981).

**Tableau 4:** *Classification des protéines*

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
<b>CASEINES :</b>	75-85	
Caséine $\alpha_1$	39-46	199
Caséine $\alpha_2$	8-11	207
Caséine $\beta$	25-35	209
Caséine $\kappa$	8-15	169
Caséine $\gamma$	3-7	
<b>PROTEINES DU LACTOSERUM</b>	15-22	
$\beta$ -Lactoglobuline	7-12	162
$\alpha$ -Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0,7-1,3	582
Immunoglobuline (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	
Protéoses-peptones	2-4	

### II.3.1.2.3 Les protéines du lactosérum

La protéine de lactosérum représente 15% à 28% des protéines du lait et 17% des substances contenant de l'azote. Ils restent dans une solution dans du "sérum isoélectrique" avec un pH = 4,6 à 20 °C, ou dans le sérum de présure qui suinte lors de la formation de

coagulum pendant la présure. La différence entre eux et la caséine réside dans sa composition, sa structure et ses différentes caractéristiques :

- Ils sont riches en lysine, tryptophane, cystéine et autres acides aminés soufrés, ils ont donc une bonne valeur nutritionnelle ;
- Une structure plus compacte : ces protéines se lient à peine aux ions et résistent aux protéases ;
- Elles sont plus sensibles à la chaleur car ils sont dénaturés par chauffage (à 100°C) et forment des flocons puis deviennent insolubles (sauf les protéoses-peptones).

Ces substances peuvent être divisées en 3 composants hétérogènes ou en 8 constituants électrophorétiques (Tableau 6) (Alais, 1984).

**Tableau 5 : Les 3 groupes principaux des protéines du lactosérum**

<b>Groupe</b>	<b>Constituants électrophorétiques</b>	<b>%</b>	<b>Mobilité</b>	<b>Propriétés</b>
1- Globulines	Euglobulines Pseudoglobulines	13	-1,7 -2,4	Propriétés immunologiques
2- Protéoses-peptones	Composants III Composant V Composant VIII	18,9 4,6 8,6 5,7	-2,8 -4,5 -7,8	Issu de la protéolyse de la caséine $\beta$ par la plasmine
3- Albumines	$\alpha$ -lactalbumine $\beta$ -lactoglobuline sérumalbumine	68,1 19,7 43,7 4,7	-3,6 -4,9 -6,5	Synthèse du lactose Identique au sérum albumine sanguine

#### **II.3.1.2.4 Intérêt des protéines du lactosérum en industrie laitière**

Les protéines du lactosérum sont récupérées, en industrie laitière, lors de la fabrication des fromages, le lactosérum étant la phase aqueuse qui se sépare du caillé.

Le développement du lactosérum nécessite la séparation de ses différents composants ; les protéines sont extraites en troisième après l'eau et le lactose par ultrafiltration ou adsorption sur des échangeurs d'ions (Sottiez, 1985).

Ces protéines sont d'une grande importance nutritionnelle du fait de leur haute valeur

énergétique et de leur composition très riche en acides aminés essentiels (notamment la lysine et le tryptophane).

Elles ont également des propriétés fonctionnelles très intéressantes :

- Puissance émulsifiante en présence de graisse,
- Puissance gélifiante par coagulation thermique,
- Pouvoir moussant.

### **II.3.1.3 Les biocatalyseurs : vitamines et enzymes**

#### **II.3.1.3.1 Les enzymes**

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été identifiées dans le lait, dont 20 sont des constituants natifs (Blanc, 1982).

Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui développent des enzymes : il est donc difficile de distinguer les éléments naturels des éléments externes.

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important selon leurs propriétés (McSweeney, 2006) :

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

#### **II.3.1.3.2 Les vitamines et leur variation saisonnière**

Les vitamines sont essentielles au fonctionnement normal des processus de la vie, mais le corps ne peut pas synthétiser les vitamines, ces sources doivent donc être obtenues à partir des aliments.

Ce sont des molécules assez complexes, mais elles beaucoup plus petite que les

protéines et ont des structures très diverses qui sont étroitement liées aux enzymes car elles agissent comme des coenzymes liées aux apoenzymes protéiques (Adrian, 1973).

Les vitamines sont divisées en deux catégories :

- 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 (Wolters et al., 2004).

Dans le lait des ruminants, seules les vitamines liposolubles proviennent des aliments, et les conditions de vie des animaux affectent la teneur en vitamines du lait : la production estivale est donc plus intéressante que le lait de stabulation. Au contraire, la vitamine C offre un taux relativement constant en raison de sa synthèse régulière dans l'épithélium intestinal.

Le lait et ses dérivés sont d'importantes sources de vitamine A, B12 et B2 ; dans une moindre mesure en vitamine B1, B6 et PP ; en revanche, elles ne contiennent que de petites quantités de vitamines E, acide folique et biotine.

De nombreuses études ont été menées sur différents troupeaux (Wolters et al., 2004), et les résultats montrent que la teneur en vitamines du lait change chaque année, comme le montre la figure III.2.

L'origine de ces changements annuels est multifactorielle : elle dépend de la saison, de la photopériode mais aussi de l'alimentation (Rémond et al., 1992).

Pas conséquent, nous constatons que le lait de vache dans les pâturages est plus riche en vitamine que le lait de vache dans les stabulations (Adrian, 1973).

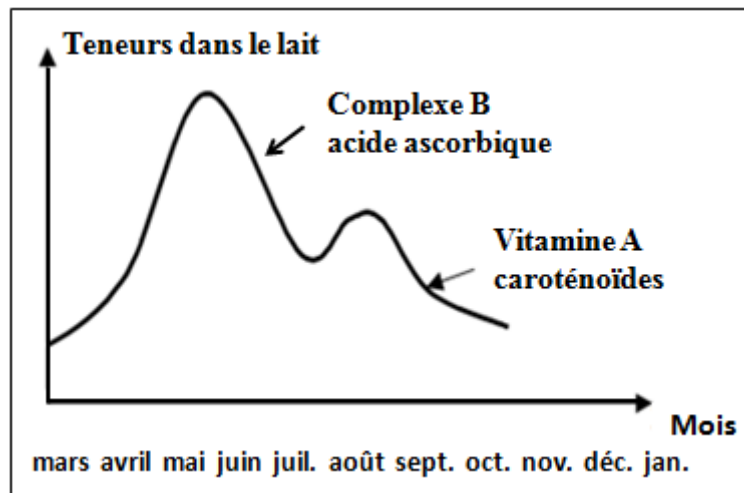


Fig. II-2: Evolution annuelle des teneurs du lait en vitamines.

### II.3.2 Les constituants de la phase colloïdale : les micelles de caséines

La teneur en protéines du lait est une caractéristique importante de sa valeur marchande car plus le taux protéique est élevé, meilleur sera le rendement de la transformation technologique.

Les protéines et la caséine en particulier prennent de plus en plus d'importance.

Par conséquent, nous verrons quelles sont les propriétés physico-chimiques de ces protéines, à quel type de conversion elles sont liées et comment contrôler les facteurs de variation pour permettre aux producteurs de mieux utiliser le lait (Pougheon and Goursaud, 2001).

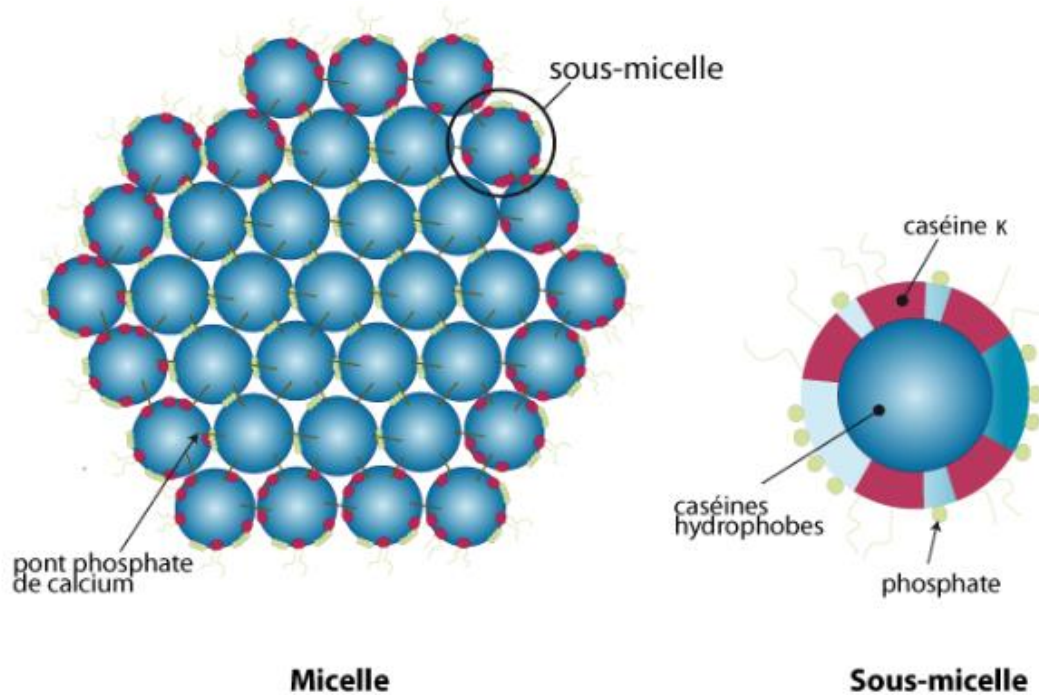
#### II.3.2.1 Description et composition physico-chimique de la micelle

##### II.3.2.1.1 Aspects et propriétés

La caséine est un complexe protéique phosphoré à caractère acide qui précipite dans le lait à pH 4,6. C'est une substance hétérogène bien qu'elle ait longtemps été considérée comme une protéine pure et homogène en raison de la constance de sa composition élémentaire (Cayot and Lorient, 1998).

##### a. La micelle

Les caséines existent dans le lait sous forme d'un complexe organique et minéral (Figure III.3), la micelle.



**Fig. II-3 :** Modèle schématique supposé d'une section de micelle de caséines

Les micelles sont des particules sphériques d'environ 180 nm, composées de particules submicroniques de 8 à 20 nm (Lenoir, 1985), avec un haut degré d'hydratation (2 à 4 grammes d'eau par gramme de protéine), représentant environ 7% de son extrait sec (Tableau 7) composé de sels (phosphate, calcium, magnésium, citrate dans l'espace sous la micelle).

Les submicelles peuvent être composées d'environ 10 molécules des 4 caséines en proportion variable avec une répartition de caséine k (hydrophile) en surface ; les submicelles les plus riches en caséine k se trouvent à la surface des, ce qui la stabilise. Les portions C-terminales de la caséine k hérissent la micelle et l'entourent de poils périphériques particulièrement hydrophile (Cayot and Lorient, 1998).

Cependant, l'organisation exacte intramicellaire (très petites submicelles ou structure interne de caséines individuelles) n'est pas connue avec précision (McMahon and McManus, 1998) (McMahon and Brown, 1984; Swaisgood, 1995).

La coagulation du lait après addition de présure résulte, entre autres phénomènes, d'une action primaire sur la caséine k (protéolyse entre les acides aminés 105 (Phénylalanine) et 106 (Méthionine) situés à l'extérieur de la micelle) laissant des plages hydrophobes de paracaséine k (les acides aminés 1 à 105 restant fixés à la micelle). Sous l'influence de calcium ionique  $Ca^{2+}$  dissous, il y a agglomération des micelles dépourvues de caséino glycopeptide (cas k 106-169 qui se solubilise) en un réseau : le caillé (Brulé et al.,

1997; Goursaud, 1987).

**Tableau 6:** *Composition moyenne d'une micelle de caséine*

	<b>En g pour 100 g de caséine</b>	<b>En g/l de lait</b>
<b>CASEINES :</b>	93,3	29,5 (donnée surévaluée)
$\alpha_{s1}$	35,6	11,9
$\alpha_{s2}$	9,9	3,1
$\beta$	33,3	9,8
$\kappa$	11,9	3,5
$\gamma$	2,3	1,2
<b>CONSTITUANTS SALINS :</b>	6,7	1,84 (estimation)
• Phosphate	2,9	0,89
• Ca	2,9	0,79
• Citrate	0,4	0,12
• Mg	0,1	0,04
• Autres (minéraux, sucres)	0,4	

**Teneur en eau = 63% ; matières sèches : 37%**

#### b. Propriétés des caséines

##### ▪ **pHi et charge électrique**

Les groupements acides libres des résidus glutamyle, aspartyle et phosphoryle en nombre supérieur aux groupements basiques libres  $-NH_2$  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, lorsque la température augmente, les caséines  $\beta$  et  $\kappa$  donnent des polymères d'une vingtaine à une trentaine d'unités, les différentes molécules étant liées par des liaisons hydrophobes. De plus, les polymères  $\kappa+\alpha_{s2}$  résultent de liaisons disulfures S-S intermoléculaires.

Le  $Ca^{2+}$  complexe les molécules  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  et réduit ainsi leur charge, leur hydrophilie et les insolubilise (Ratray et al., 1997).

#### **II.3.2.1.2 Les caséines $\alpha_s$**

##### **a. La caséine $\alpha_{s1}$**

C'est la protéine la plus importante en masse, elle a 199 AA pour 23 614 g / mol. Cette caséine est très sensible au calcium à pH normal du lait (pH = 6,7) quelle que soit la

température et en présence de calcium, une formation de flocons est observée. Dans la micelle, la caséine  $\alpha_{S1}$  n'est pas très accessible à la plasmine ; elle est donc susceptible d'être située au cœur de la micelle masquée par d'autres caséines.

#### **b. La caséine $\alpha_{S2}$**

Il constitue 8 à 11% des micelles de caséine, contient 207 AA et 13 à 10 phosphates (il s'agit de  $\alpha_{S2}$  ou  $\alpha_{S3}$  ou  $\alpha_{S4}$  ou  $\alpha_{S6}$  selon le nombre de phosphates) et son poids moléculaire estimé est compris entre 25 150 et 25390 g / mol. En raison de la présence de 2 résidus de cystéine, les molécules peuvent se combiner en dimères qui s'agrègent les uns aux autres par des interactions électrostatiques pour former des polymères ( $\alpha_{S5}$  dimère de  $\alpha_{S3}$  et  $\alpha_{S4}$ ).

En raison de la richesse des phosphates, il est très sensible au calcium, et pour  $\alpha_{S1}$ , la caséine  $\alpha_{S2}$  ne semble pas être à la surface des micelles.

### **II.3.2.1.3 Les caséines $\beta$ et $\gamma$**

#### **a. La caséine $\beta$**

Représentant 25 à 35% de micelles, avec 209 acides aminés et 5 groupes phosphate, elle présente de nombreuses analogies avec la caséine  $\alpha_{S2}$ . Elle est sensible au calcium à température ambiante mais après déphosphorylation (expérience de laboratoire), la molécule perd cette sensibilité et devient capable d'empêcher la précipitation de la caséine  $\alpha_{S1}$  par le calcium. Elle est sensible au froid et très hydrophobe (ces zones hydrophobes sont une source d'association des caséines  $\beta$  entre elles pour former des « néomicelles »).

#### **b. La caséine $\gamma$**

Ce sont des fragments C-terminaux résultant de la protéolyse de la caséine  $\beta$  par la plasmine (protéase alcaline du lait).

### **II.3.2.1.4 Les caséines k**

La grande majorité de cette caséine se trouve à la surface de la micelle, disponible pour la présure. Il s'agit d'une protéine contenant 169 acides aminés phosphorylés (sérine 149) avec 2 variantes génétiques A et B. Il comprend le composant principal non glycosylé (Fig. I.7) et les composants glycosylés mineurs dont la structure exacte est expliquée (Eigel et al., 1984).

Cette caséine est insensible au calcium et stabilise les autres caséines phosphorylées vis à vis de ce cation. 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 paracaséine k (1-105) et le fragment C-terminal ou caséinomacropeptide (CMP : 106-169) aux propriétés très contrastées : Dans le caillé, seules sont récupérées les caséines  $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$  et paracaséine k tandis que le CMP se retrouve dans le lactosérum. Il est à noter que le CMP contient tous les glucides, quand ils existent, sur les Thréonine 131, 133, 135 et 136 (variant A uniquement).

### **II.3.3 Les constituants de la phase d'émulsion : la matière grasse et les globules gras**

La matière grasse est depuis longtemps le seul composant du lait qui est systématiquement déterminé pour évaluer la valeur de ce produit. La politique économique d'aujourd'hui est en train de changer. Cependant, cela révèle l'énorme richesse de cet ingrédient. En effet, d'un point de vue nutritionnel, les lipides constituent une grande partie de l'apport énergétique du lait et répondent en partie au besoin de métabolites essentiels.

D'un autre côté, du point de vue des transformateurs, les lipides sont responsables des caractéristiques sensorielles des produits laitiers.

Par conséquent, leur connaissance de la synthèse à la fin du processus de conversion est essentielle pour prédire son évolution.

#### **II.3.3.1 La matière grasse et le globule gras : composition physico-chimique**

La teneur en matière grasse laitière ou taux butyreux (TB) est le nombre de grammes de substance dans un kilo ou un litre de lait, séparée des autres constituants selon la méthode par extraction acido-butyrique de Gerber ou la méthode internationale par extraction éthéro-ammoniacale ou toute autre méthode reconnue pour le paiement différentiel du lait (Jensen, 2002; Newburg and Neubauer, 1995).

##### **II.3.3.1.1 Analyse globale**

Nous classons sous le terme matière grasse, les substances aux propriétés et structures chimiques souvent éloignées mais ayant les caractéristiques communes suivantes :

- Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques (éther, benzène),
- Leur masse volumique est inférieure à celle de l'eau (# 0,92 kg/l).

Cela implique tous les composés lipidiques qui par hydrolyse des esters restaurent les acides gras libres (AGL) et les corps liposolubles : caroténoïdes, cholestérol, squalène, vitamines liposolubles (Dalglish and Banks, 1991).

La matière grasse laitière est donc un mélange très complexe composé essentiellement de triglycérides et secondairement de diglycérides, lipides complexes et substances liposolubles insaponifiables (Tableau 8) (Keenan and Patton, 1995).

**Tableau 7:** Matière grasse du lait : contenu du globule gras en émulsion dans la phase aqueuse.

	<b>% lipidique strict</b>
Goutte lipidique non polaire (# 95% du GG) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tri- ; 1-2 Di- ; Mono-Glycérides : 95,80 ; 2,25 ; 0,08</li> <li>• Cholestérol (majoritairement dans la membrane)</li> <li>• Acides gras libres</li> <li>• Cholestérides</li> <li>• Esters de rétinol</li> <li>• Composés liposolubles : Vit° A, D, E, K ; squalène, caroténoïdes°</li> </ul>	98,13  0,28 0,02 Traces Traces
Membrane lipidoprotéique externe polaire (# 5% du GG) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Triglycérides</li> <li>• Phospholipides (lipides complexes)</li> <li>• Cholestérol total</li> <li>• Protéines (butyrophiline et xanthine oxydase : 0,3 à 0,4 g/l)</li> <li>• Enzymes (traces)</li> <li>• Glycanes divers (traces)</li> </ul>	Comptabilisés dans les glycérides 1,11 0,46 Non lipidique Non lipidique Non lipidique

°note : la répartition exacte de ces composés non lipidiques entre la goutte d'huile et la membrane n'est pas certaine.

### II.3.3.1.2 Constitution de la matière grasse : le globule gras

#### a. Définition, généralités

La graisse se présente sous la forme d'un globule gras (visible au microscope optique) sous forme d'émulsion dans la phase aqueuse du lait. Une émulsion est une dispersion de fines gouttelettes d'une substance liquide dans un autre liquide. Selon la nature de la phase dispersée, une distinction est faite entre les émulsions matières grasses dans l'eau (lait) et les émulsions eau dans matières grasses (beurre). La stabilité de l'émulsion résulte de la présence d'une coupe lipido-protéique chargée négativement (Ratray et al., 1997).

Le diamètre du globule gras est variable (0,1 à 20 µm, le diamètre moyen du globule de lait de vache est : 3 à 5 µm) : il diminue du début à la fin de la lactation, le nombre de globules gras augmente et le diamètre augmente lors de la traite ; un globule gras est donc plus gros en fin de traite de début de lactation. La taille des globules gras est également une caractéristique de la race.

Une émulsion laissée au repos à 15°C se sépare en deux phases distinctes : il y a une remontée des globules, ce qui constitue le phénomène du crémage (c'est un phénomène réversible). La remontée de la crème s'effectue beaucoup plus rapidement dans le lait de vache que dans le lait de chèvre, ceci est dû à la présence de globulines (euglobuline, protéine thermolabile) qui ont la propriété de favoriser l'agglutination des globules gras entre eux.

#### **b. Composition du globule gras**

La structure du globule gras est hétérogène, en allant du centre à la périphérie, on trouve successivement :

- Une zone de glycérides à bas point de fusion, liquides à température ambiante ;
- Une zone à haute teneur en glycéride et à point de fusion élevé ;
- Une zone corticale : la membrane du globule gras qui joue un rôle très important en raison de sa composition et de ses propriétés.

#### **• Composition de la membrane du globule gras :**

Les constituants totaux de la membrane (Tableau 9) constituent 2% des globules gras. La membrane du globule gras (2 à 6%), composée essentiellement pour moitié respectivement de protéines et lipides représentant au moins 90% de sa masse, comporte (Keenan and Patton, 1995) :

- Protéines, 0,3 à 0,4 g/l : butyrophiline glycolysée constituant majeur typique lié à la xanthine-oxydase et nombreuses autres substances telles les mucines ;
- Lipides : triglycérides (62%), phospholipides certains glycolysés (28%) ; diglycérides (9%), acides gras libres, stérols, hydrocarbures (1%) ;
- Hexoses, hexosamines, acides sialiques (traces) ;
- Enzymes, plus de 25 dont surtout des hydrolases type phosphatase alcaline ;
- Vitamines A, D, E, K.

**Tableau 8:** *Estimation de la composition de la membrane du globule gras.*

<b>Constituants</b>	<b>% (/globule)</b>	<b>%(/membrane)</b>
Protéines	0,9	42
Phospholipides	0,6	28
Glycérides neutres	0,3	14
Eau	0,2	9
Cérébrosides	0,08	4
Cholestérol	0,04	2
Gangliosides	0,02	1
Fer	0,3 10 <sup>-3</sup>	-
Carotène + Vit. A	0,04 10 <sup>-3</sup>	-
Cuivre	0,01 10 <sup>-3</sup>	-
<b>Total</b>	<b># 2,14</b>	<b>100</b>

La membrane du globule gras est très complexe et difficile à étudier car son extraction et purification sont susceptibles de changer, ce qui explique l'évolution de l'estimation de sa composition.

Elle enveloppe la goutte lipidique ( $\approx 95\%$  du globule) essentiellement glycéridique hydrophobe. Elle permet au globule d'être hydrophile, chargé négativement et de fournir une émulsion stable (Jensen, 2002). Elle est en constante évolution depuis la création du globule gras et fonction des traitements technologiques que subira le lait.

### **II.3.3.2 Facteurs de variation**

La matière grasse est le constituant le plus variable du lait. Nous verrons que divers facteurs influent sur le taux butyreux (TB). La matière grasse varie également dans sa composition (acide gras, phospholipides, substances insaponifiables ...), entraînant des variations dans ses propriétés.

#### **II.3.3.2.1 Variations du TB liées à l'apport alimentaire**

Le taux butyreux est de loin l'élément le plus sensible à l'alimentation ; une grande partie de cette variation peut être attribuée aux changements des acides gras (AG) produits par la fermentation du rumen. Pour obtenir un taux butyreux (TB) élevé, il faut apporter un rapport acétate(C2) /propionate(C3), dans le rumen, élevé.

##### **a. Apports énergétiques et globaux (Chilliard, 1987)**

La sous alimentation entraîne une augmentation de la TB (et une diminution de la quantité de lait produite) avec une modification des acides gras : augmentation des AG à

chaîne longue et diminution des AG à chaîne courte. Ce taux supérieur résiste tant que la vache compense le niveau d'alimentation par une mobilisation de ses lipides corporels.

Inversement, le TB diminue par accroissement de l'apport énergétique (0,3g/kg par UFL (unité fourragère laitière) supplémentaire (Coulon et al., 1994)). De plus, il est à noter que la quantité de lait produite augmente ce qui ne modifie pas la production de matières grasses.

### **II.3.3.2.2 Influence des traitements thermiques et du froid sur le TB**

#### **a. Influence du froid**

La cristallisation des triglycérides augmente progressivement avec la baisse de température. Il y a une rétraction du globule conduisant à une déformation de la membrane du globule qui entraîne une éventuelle perte d'une partie de la membrane et une migration des phospholipides vers la phase aqueuse du lait (Surel and Ali-Haimoud-Lekhal, 1999).

L'altération d'une trop grande partie de la membrane libère les acides gras du globule et peut entraîner un phénomène de lipolyse de la matière grasse.

D'un autre côté, les triglycérides se propagent à la surface et l'hydrophilie disparaît partiellement (car les triglycérides sont hydrophobes), d'où la tendance des globules gras à s'accumuler et à remonter à la surface ; c'est le phénomène de crémage.

#### **b. Influence des traitements thermiques sur la matière grasse du lait**

Les traitements thermiques (pasteurisation, traitement UHT) agissent sur la membrane des globules gras, et notamment sur certaines lipoprotéines. La  $\beta$  lactoglobuline se lie également au globule gras en formant des ponts disulfures qui augmentent la teneur en protéines de la membrane du globule gras sans augmenter sa taille (Surel and Ali-Haimoud-Lekhal, 1999).

Des défauts organoleptiques en particulier des saveurs désagréables peuvent se retrouver dans le lait concentré ou séché.

### **II.3.3.2.3 Défauts liés à la lipolyse**

La lipolyse du lait est une dégradation de la matière grasse libérant des acides gras libres, elle provoque des défauts organoleptiques dans les produits transformés (Coulon, 1991).

La matière grasse est constituée de petits globules de triglycérides protégés de l'action

des enzymes lipolytiques par une membrane.

Il existe de nombreux types de lipases et donc de nombreux types de lipolyse (Meffe, 1994) :

- La lipase naturelle qui existe toujours dans le lait peut fonctionner après un simple refroidissement : c'est une lipolyse spontanée, ou elle induit une lipolyse après une augmentation de l'agitation du lait.
- Les lipases sécrétées par des bactéries psychotrophes qui se développent dans un lait de mauvaise qualité, c'est la lipolyse bactérienne.

#### **a. La lipolyse spontanée**

C'est la lipolyse qui se développe sans mélange mécanique dans le lait cru. Les causes exactes de cette lipolyse sont encore mal connues. Cependant, certains facteurs prédisposants sont répertoriés : un effet individuel (qui n'est pas nécessairement lié à la race), le stade de lactation et le niveau de production (la lipolyse est plus élevée chez les vaches, faibles productrices, en fin de lactation et lors la traite du soir) (Mahieu, 1985), l'alimentation qui est souvent liée au stade de lactation (ainsi on constate que chez une vache en fin de lactation nourrie avec un ensilage d'herbe de bonne qualité, la lipolyse est plus élevée), l'intervalle entre deux traites (intervalle court augmente les risques de lipolyse) et l'état sanitaire (par exemple chez une vache présentant des kystes folliculaires et traitée aux oestrogènes).

#### **b. La lipolyse induite**

Elle s'observe suite à une agitation mécanique ou une turbulence dans le lait qui brise la membrane des globules gras et libère les triglycérides qui seront hydrolysés (Coulon, 1991).

La manipulation du lait à la ferme, en particulier pendant la traite, est responsable de l'agitation excessive que peut subir un lait mais elle peut également se produire pendant le transport ou la collecte à la laiterie (Mahieu, 1985).

L'une des raisons pour lesquelles le lait est agité pendant la traite est l'entrée d'air dans le circuit du lait, qui mousse le lait chaud ; le réglage et l'entretien du matériel sont donc fondamentaux (Engel, 1998).

Les chocs thermiques sont également à l'origine de cette lipolyse induite : l'abaissement de la température entraîne une augmentation des teneurs en acides gras libres (Meffe, 1994) par fragilisation de la membrane du globule gras. En pratique, la baisse de

température du lait doit être rapide et l'augmentation de température dans la cuve due à l'introduction de lait chaud d'une nouvelle traite doit être minimale (6 à 10 ° C) (Chilliard et al., 1987) (Chilliard et al., 1987).

### **c. Conséquences en technologie laitière**

La lipolyse est un phénomène qui intervient dans le développement des valeurs gustatives des produits laitiers, mais selon le produit et la lipase (microbiologique ou naturelle) pris en compte, les conséquences ne seront pas les mêmes.

Pour le lait de consommation et les produits frais, la lipolyse naturelle, rapide est néfaste parce que les acides gras libres produits subsistent dans le lait pasteurisé.

Le rôle des lipases microbiennes peut être important dans le lait à longue durée de vie car certaines d'entre elles peuvent résister à des températures élevées. Pour les produits dérivés du lait (crème, beurre, etc.), les lipases naturelles sont détruites par la pasteurisation.

L'impact commercial est énorme, non seulement en raison du risque de défauts de lipolyse dans le produit, mais aussi en raison du risque d'instabilité du produit causée par la protéolyse (Mahieu, 1985).

### **II.3.3.3 Technologie de la matière grasse laitière et exigences des industriels**

La matière grasse est un ingrédient dont le rapport est très variable, mais sa composition est également très variable, ce qui affecte directement ses propriétés physico-chimiques.

Compte tenu de son caractère instable, la matière grasse est sujette aux attaques enzymatiques parfois lourdes de conséquences dans la qualité du produit, c'est le cas de la lipolyse notamment.

De plus, l'instabilité de la matière grasse est également utilisée par toutes les techniques de transformation du lait ou de la crème : les technologies de la matière grasse et sa transformation reposent depuis longtemps sur des phénomènes mécaniques tels que les traitements d'écémage, de fouettage, d'homogénéisation, de butyrication ou des traitements physiques jouant sur les températures de fusion et de solidification.

Aujourd'hui, de nouvelles technologies ont vu le jour, les fabricants utilisent les propriétés de la matière grasse, en particulier sa richesse en triglycérides, pour jouer sur les points de fusion des lipides pour attendre des propriétés de tartinabilité du beurre à basse température en utilisant des techniques de fractionnement de la matière grasse (Mendy, 1982).

La richesse en matières grasses laitières est une fois de plus reconnue : les études sur la nutrition lipidique ne sont pas terminées, révélant la complexité des composants lipidiques et les relations entre l'apport lipidique alimentaire et les maladies cardiovasculaires.

Par exemple, l'acide myristique (C 14 : 0) travaille à réduire le facteur de risque cardiovasculaire ou l'acide ruménique (C 18 : 1) (ainsi appelé en 1998), qui offre une protection contre l'induction des cancers du sein par un carcinogène.

#### **II.4. Microbiologie du lait**

Le lait cru, par sa composition, est un excellent milieu de culture pour plusieurs microorganismes (Olivier et *al.*, 2005).

##### **II.4.1. Flore originelle du lait**

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est pris dans des conditions appropriées à un animal en bonne santé (moins de 10<sup>3</sup> germes / ml). Ce sont principalement des bactéries saprophytes du pis et des canaux galactophores : les microcoques, mais aussi les streptocoques lactiques (*Lactococcus*) et les lactobacilles. Le lait cru est protégé des bactéries par des substances inhibitrices appelées "lacténines", mais leur action est très courte (environ 1 heure) (Guiraud, 1998).

##### **II.4.2. Flore de contamination**

Le lait est contaminé par des micro-organismes provenant de diverses sources :

- Fèces et téguments de l'animal : coliformes, entérocoques, clostridium, éventuellement entérobactéries pathogènes (*Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*) ... etc ;
- Sol : *Streptomyces*, *Listeria*, bactéries sporulées, spores fongiques, ...etc ;
- Litières et aliments : flore banale variée, en particulier lactobacilles, *Clostridium butyriques* (ensilages).
- Air et eau : flores diverses dont *Pseudomonas*, bactéries sporulées, ...etc ;
- Equipement de traite et de stockage du lait : microcoques, levures et flore lactique avec lactobacilles, streptocoques (*Streptococcus*, *Lactococcus*, *Entérocooccus*), *Leuconostoc*, etc. Cette flore est souvent spécifique d'une usine ;
- Manipulateurs : staphylocoques dans le cas de traite manuelle, mais aussi germes provenant de contamination fécale (Guiraud, 1998).

### **II.4.3. Germes aérobies**

Le dénombrement de la FTAM reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évaluation, le nombre des germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du produit (Guiraud et Rosec, 2004).

### **II.4.4. Coliformes totaux et fécaux**

On parle de coliformes pour définir les microorganismes servant d'indicateurs d'une éventuelle contamination fécale. Leur recherche et leur dénombrement permettent d'apprécier l'importance de contamination du lait et des produits laitiers (Vignola, 2002).

Selon les recherches de Guiraud (2003) et Leary (2004), l'absence totale de coliformes indique que d'une part, l'action primordiale exercée par les traitements thermiques subits par les produits analysés et d'autre part, l'efficacité des opérations de nettoyage effectuées par le NEP (Nettoyage En Place).

### **II.4.5. Clostridium sulfito-réducteurs**

Les Clostridiums sulfito-réducteurs sont utilisées pour le contrôle de l'hygiène dans l'analyse microbiologique de certains produits (Larpen, 1997).

Les formes végétatives sont en généralement très sensibles à la chaleur, dont beaucoup sont détruites en 15 secondes à 75 °C. D'autre part, la forme sporulée doit être chauffée au-dessus de 85 °C pendant 10 minutes (Bimben et Feutry, 2007). Par conséquent, le traitement thermique a un double rôle, il favorise la destruction des formes végétatives et la germination des spores. Ces résultats peuvent être principalement dus à l'efficacité du traitement thermique appliqué (Lubun, 1998 ; Bimben et Feutry, 2007).

### **II.4.6. Streptocoques fécaux**

Les Streptocoques sont la famille des Streptococcaceae qui comprend des genres très courants dans l'industrie alimentaire en tant que contaminants, et en particulier comme agents de fermentation lactique (Guiraud et Galzy, 1980).

### **II.4.7. Staphylococcus aureus et Salmonelles**

La recherche des staphylocoques est effectuée pour évaluer la qualité sanitaire des produits alimentaires, notamment des produits laitiers, la présence de cette espèce pouvant provoquer des intoxications alimentaires (Vignola, 2002).

L'absence ou la faible présence de bactéries pathogènes peut s'expliquer par le fait que la contamination initiale sera affectée par l'abaissement du pH et l'effet antagoniste des bactéries lactiques (Alais, 1984).

D'après Poueme (2006), la salmonelle n'est pas résistante à un pH compris entre 4,6 et 4,8. *Staphylococcus aureus* est inhibé par le pH acide (Guiraud, 2003). Pour le yogourt et l'ben, ils peuvent être éliminés lors de la fermentation.

#### **II.4.8. Levures et moisissures**

Selon Snappe (2010), les levures et les moisissures peuvent provoquer des accidents de fabrication, un mauvais goût, un gonflement, une mauvaise apparence et une durée de conservation du produit réduite.

### **II.5 Les microorganismes utilisés en technologie laitière : les bactéries lactiques**

Les micro-organismes qui contaminent le lait cru peuvent inclure des bactéries à potentiel technologique, telles que les bactéries lactiques, ce qui est crucial si le lait est utilisé pour la production de fromage (Coppola et al., 2008). Dans l'industrie laitière, divers micro-organismes sont utilisés comme ferment dans la production de yaourt, de fromage, de crème et d'autres produits laitiers fermentés.

#### **II.5.1. Les bactéries lactiques**

Les bactéries lactiques sont un groupe de micro-organismes hétérogènes qui produisent de l'acide lactique comme principal produit du métabolisme. Elles regroupent un ensemble d'espèces hétérogènes dont a caractéristique commune est la production d'acide lactique qui génère une ou deux molécules d'ATP, selon la voie métabolique homofermentaire (seul acide lactique) ou hétérofermentaire (l'acide lactique en mélange avec d'autres produits tels que le CO<sub>2</sub>, l'acide acétique, l'éthanol (Stiles et al., 1997).

En fait, elles sont très importantes dans les usines laitières et sont utilisées pour acidifier le lait. Différentes espèces de *Lactobacillus*, *Lactococcus lactis* (*Lc. lactis*) et/ ou *Lc. garvieae*, les plus rencontrées dans le lait et le fromage, sont couramment utilisées comme ferments (starter culture) par l'industrie agroalimentaire pour la production de produits laitiers (Gálvez et al., 2011).

## **II.6 Les microorganismes à potentialité probiotique**

### **II.6.1. Définition**

Selon la définition adoptée par le groupe de travail conjoint formé par la FAO et l'OMS en 2002, les probiotiques « possèdent un nombre suffisant de micro-organismes vivants, ce qui est bénéfique pour la santé de l'hôte ». Plus précisément, pour un organisme considéré comme un probiotique potentiel, il ne doit présenter aucune toxicité ni pathogénie et présenter les caractéristiques suivantes. Il doit être un résident naturel de l'intestin, capable de s'installer dans l'environnement intestinal, où il peut se reproduire de façon permanente, pouvoir adhérer aux cellules intestinales et éliminer ou réduire l'adhésion des agents pathogènes, avoir un métabolisme actif et produire des substances inhibant les pathogènes (acides, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, bactériocine (ce sont des peptides antimicrobiens inhibant la croissance de bactéries altérantes ou pathogènes), être non invasif, non carcinogène et non pathogène, peuvent s'agréger pour former une flore normale équilibrée, pouvoir survivre aux différents procédés technologiques de production, et maintient sa viabilité pendant le transit alimentaire et intestinal (Salminen et *al.*, 1996 ; Tannock, 1999 ; Stanton et *al.*, 2001).

### **II.6.2. Les probiotiques et leurs effets bénéfiques sur la santé**

La consommation des probiotiques peut avoir plusieurs effets bénéfiques sur la santé (Mercenier et *al.*, 2002). Ils participent à l'amélioration de la digestion de lactose (sécrétion de lactase), à la réduction des produits cataboliques éliminés par le foie et les reins, à l'augmentation de la valeur nutritive (bonne digestion et absorption des minéraux et vitamines), à l'influence positive sur la flore intestinale, à la bonne croissance et au bien-être, à la prévention de l'ostéoporose, du cancer, de hypertension et l'athérosclérose, une baisse du taux de cholestérol, à la modulation du système immunitaire, réduction de l'inflammation ou des réactions allergiques (Gourbeyre et *al.*, 2011 ; Kalliomaki et *al.*, 2001 ; Savilahti et *al.*, 2008), et enfin à la prévention des infections intestinales (virus, *Helicobacter pylori*) et urogénitales (Reid et *al.*, 2003).

En raison de leurs propriétés nutritionnelles et thérapeutiques dans les industries alimentaires et pharmaceutiques, les probiotiques sont parfois utilisés comme suppléments pour des produits tels que le yogourt. De nombreuses souches bactériennes ont montré des avantages pour la santé humaine et ont été vendues par Danone, telles que *Bifidobacterium lactis* (bifidus actif) utilisées pour produire le yaourt Activia® (Picard et *al.*, 2005).

**Chapitre III:**

**Généralités sur la consommation du lait et utilisation en  
technologie laitière**

### **III.1. Généralités sur les industries laitières**

Comme nous l'avons vu, le lait est une matière première aux multiples ressources. Cette variabilité des matières premières a conduit les industriels à développer de nouvelles technologies pour les adapter aux différentes évolutions de leurs origines.

Aujourd'hui, le lait est payé en fonction de sa composition physico-chimique et de sa qualité microbienne. Afin d'obtenir les meilleures performances, les scientifiques cherchent à améliorer cette matière première.

Les fabricants positionnent la technologie pour s'adapter aux conditions changeantes du lait, et les utilisent pour classer les différents composants du lait, et utilisent la façon dont les producteurs utilisent l'amélioration génétique et d'autres outils pour augmenter la production dans les politiques de quotas qui limite la production laitière.

#### **III.1.1. Exigences des industriels laitiers et nouvelles technologies**

Jusqu'à ces dernières années, les fabricants de produits laitiers ont été affectés par les fluctuations des variétés de lait. Certains facteurs ne peuvent pas être contrôlés (comme la saison, l'âge ou l'état physiologique de la vache), les producteurs laitiers ont donc répondu à cette dépendance en adaptant la technologie aux matières premières.

Désormais, grâce à la mise en œuvre de politiques de qualité et à une meilleure compréhension des connaissances scientifiques (grâce à l'utilisation des avancées génétiques et des avancées technologiques dans le domaine alimentaire), les industriels peuvent obtenir des laits de plus en plus stables. Malgré cela, il existe encore une certaine variabilité, qui devrait être réduite au niveau de l'usine.

La difficulté réside dans le fait que le lait, matière première est à l'origine de la conversion et de l'acquisition de nombreux produits.

Nous pouvons diviser les produits laitiers en quatre catégories principales :

- Les laits de consommation, standardisé, pasteurisé ou UHT,
- Les fromages issus de la coagulation, il en résulte un coproduit : le lactosérum,
- Les beurres et crèmes générant deux coproduits : le babeurre et le lait écrémé,
- Les ingrédients laitiers de nature protéique et glucidique.

Si nous voulons avoir un lait stable au niveau de la chimie physique et biologique pour la première catégorie de produits, alors nous recherchons la deuxième catégorie de lait avec un

potentiel intervenant dans l'affinage adapté à la déstabilisation.

Concernant les composants laitiers des propriétés protéiques et glucidiques, il faut d'abord rechercher de bonnes propriétés fonctionnelles : tartinabilité, plasticité ... et bonne stabilité à long terme.

Les mêmes exigences existent en termes de propriétés physico-chimiques, et se contredisent souvent selon la nature du produit final recherché. Il est donc nécessaire de transformer le lait en usine (Brulé et al., 1997).

Quelle que soit la saison ou l'année, à partir des matières premières, les industriels doivent produire des produits aux qualités physiques, chimiques, bactériologiques et sensorielles les plus stables, voire à des emplacements géographiques.

Par conséquent, tout en acquérant des connaissances scientifiques sur les produits laitiers, nous avons assisté au développement de méthodes et de techniques pour séparer les composants du lait. Ces méthodes peuvent modifier la composition du lait, ses propriétés physico-chimiques et ses propriétés techniques.

En contrôlant mieux la préparation du lait utilisé et en recherchant la standardisation parfaite des ingrédients laitiers, il y a une tendance croissante à rechercher des lois de qualité et de meilleurs coûts pour le produit final.

L'industriel cherche désormais à obtenir un lait le plus constant possible, la standardisation de la matière grasse est, depuis longtemps, pratique courante, et la standardisation de la matière protéique de plus en plus utilisée. Aujourd'hui, grâce au développement de nouvelles technologies et à l'application de l'ultrafiltration tangentielle, elle est devenue une réalité industrielle.

L'ultrafiltration est une technologie de séparation physique pure qui ne dégrade pas les produits et permet d'augmenter le rapport protéines/extrait sec de 30 à 65%.

Le coproduit issu de cette filtration, constitué essentiellement de lactose, peut devenir un support de fermentation ou être utilisé pour abaisser les taux protéiques des laits de consommation par dilution.

### **III.1.2. Fractionnement et utilisation des composants du lait**

Aujourd'hui, les protéines de lait ont un grand potentiel comme ingrédient qui peut être utilisé dans différents types de produits.

Par conséquent, avec l'augmentation des exportations industrielles, la recherche sur la séparation et les propriétés fonctionnelles des protéines de lait est en plein essor.

### **III.1.2.1 Le fractionnement du lait : généralités**

Comme nous l'avons vu, le lait est une suspension colloïdale complexe, dans laquelle certains composants sont dans la vraie solution et d'autres composants sont dans la suspension (Pierre, 1986).

En théorie, un fractionnement pouvant être envisagé pour chaque grande classe de taille, de sorte que le lait offre un large éventail de possibilités de fractionnement :

#### **- La microfiltration peut être utilisée pour la purification bactérienne ou le lait écrémé.**

La microfiltration implique des membranes avec des pores de 20  $\mu\text{m}$  à 0,1  $\mu\text{m}$ , et la pression transmembranaire est constante dans toute la membrane.

Par conséquent, la microfiltration élimine les cellules somatiques qui peuvent provoquer la dégradation des composants du lait. L'élimination de ces composants contribue à améliorer la stabilité du lait, et s'il n'est pas collecté selon les règles d'hygiène recommandées, les bactéries peuvent être nombreuses.

Au cours du processus de microfiltration, la taille moyenne des bactéries est de 1  $\mu\text{m}$  et les globules gras (5  $\mu\text{m}$ ) sont également conservés. Par conséquent, l'élimination des micro-organismes ne peut être effectuée que sur du lait écrémé.

- **L'ultrafiltration** permet aux composants de faible poids moléculaire de passer, par exemple, les particules dans la solution formant le perméat, tandis que les particules de poids moléculaire plus élevé restent dans le rétentat.

Cette technologie est utilisée pour standardiser le lait ou dans la fabrication fromagère à partir de lait ultrafiltré.

- **La nanofiltration** peut séparer les sels ionisés et les solutés organiques de masse molaire  $<$  à 0,2 kg/mol, des sels ionisés et des solutés organiques de masse molaire  $>$  à 0,2 kg/mol.

Cette technologie peut être utilisée pour fabriquer du yaourt.

### **III.2. Altérations, défauts et pollutions du lait**

Les changements, les défauts et la contamination du lait sont variés. Afin d'étudier les causes diverses, une méthode de classification simple est utilisée. Cette méthode de classification peut distinguer les défauts et la pollution provoqués par l'introduction de

substances étrangères, et les changements et défauts causés par la modification des constituants ordinaires du lait (Adrian, 1973). De même, les changements sensoriels du lait peuvent également entraîner des défauts de goût et de saveur (Hostettler, 1972).

### **III.2.1 Introduction de substances étrangères**

L'animal peut apporter ses substances dans la nourriture avant la traite, en cas d'ensilage de médiocre qualité, ou ces substances peuvent être accidentellement ajoutées même à l'état des traces des ingrédients de nettoyage, de produits chimiques, communiquent au lait leur propre goût. Dans certains cas, il suffit de placer le lait à proximité de la substance avec une odeur évidente (essence, goudron, etc.) pour qu'il puisse rapidement absorber la même odeur.

Enfin, lorsque le lait entre est conservé en contact avec un métal qui peut être dissous dans le liquide sous forme de sel, nous constatons de l'amertume et de l'astringence accompagnées d'un enrichissement des métaux dans le liquide (Veisseyre, 1975).

### **III.2.2 Pollutions par les résidus d'antibiotiques**

Le traitement répandu de la mammite par les antibiotiques et en particulier par la pénicilline à la quelle *Streptococcus agalactiae* est très sensible, présente de grands problèmes.

Habituellement, une grande quantité de pénicilline est injectée à l'animal malade. Le lait de la première traite après injection contient des milliers d'unités de pénicilline par litre (Vassal and Auclair, 1965). Un tel lait est dangereux car les bébés qui en ingèrent peuvent provoquer leur résistance à la pénicilline, ce qui peut entraîner des difficultés de traitement lors d'infections ultérieures (Vassal and Auclair, 1965).

Le lait contenant suffisamment de pénicilline est rapidement devenu la base du développement de colibacilles, et dans le lait ordinaire, les bactéries lactiques réduiront la croissance de ces bactéries. Ce compactage rend difficile la production industrielle de lait, notamment dans les fromageries (Jacquet and Riquier, 1968).

Par conséquent, il est nécessaire de fournir séparément du lait pouvant contenir de la pénicilline en avertissant l'usine et de ne pas le mélanger avec du lait d'animaux en bonne santé.

Malheureusement, ces précautions alimentaires sont loin d'être suivies et les fabricants ont été priés de trouver des moyens de leur permettre de traiter le lait contenant des

antibiotiques plus ou moins normalement. En isolant et en préparant la substance "pénicilline" à partir de diverses cultures bactériennes (*Bacillus* et *Staphylococcus*) en laboratoire, nous pouvons l'utiliser pour neutraliser l'action de la pénicilline (Morel, 1962).

Cette méthode est très coûteuse et on peut lui préférer l'utilisation de levains lactiques sélectionnés en fonction de leur résistance à la pénicilline. Ces souches de fermentation résistantes à la pénicilline sont isolées et distribuées par des laboratoires spécialisés. Si la pénicilline est toujours l'antibiotique le plus utilisé, d'autres antibiotiques tels que la streptomycine, la chlortétracycline, la néomycine, etc. sont également couramment utilisés. Les problèmes causés par leur utilisation sont les mêmes que les précédents (Jacquet and Riquier, 1968).

### **III.2.3 Pollutions par les résidus de pesticides**

La pollution des résidus de pesticides sur le lait et ses dérivés est devenue un problème et son importance n'échappe plus à la responsabilité de tous les pays laitiers. Aux États-Unis, ce phénomène attire l'attention de la population depuis 1955 et en France, le premier sondage d'opinion publique a été réalisé de 1965 à 1966 (Thieulin et al., 1967). Ils ont souligné la fréquence l'héxachlorocyclohexane (HCH) dans la pollution observée.

Depuis lors, des recherches approfondies menées dans différentes régions de France ont confirmé que les pesticides organochlorés jouent un rôle majeur dans la contamination observée dans les aliments riches en lipides, le lait et ses dérivés apparaissant en bonne place (Luquet et al., 1972).

Les propriétés polluantes des pesticides organochlorés sont liées au fait qu'ils ne sont pas biodégradables, de sorte qu'ils peuvent rester persistants sur des surfaces trouvées depuis de nombreuses années. Les propriétés polluantes des pesticides organochlorés sont liées au fait qu'ils ne sont pas biodégradables, de sorte qu'ils peuvent rester persistants sur des surfaces trouvées depuis de nombreuses années. En plus de cette stabilité, il manque de lipophilicité, ce qui signifie que l'organochloré est un produit qui peut s'accumuler dans les graisses, en particulier dans le lait, la viande et le corps humain (Luquet et al., 1972).

Les contaminants se produisent généralement dans le tube digestif. Les trois sources de pollution sont les suivantes (Richou-Bac, 1973):

- Les traitements des étables et des locaux de stockage des aliments à base du HCH et du DDT. Additionnés avec des produits de désinfection.

- L'alimentation des animaux ; les vitaux (céréales, betteraves, maïs, tourteaux) qui entrent dans la ration des animaux peuvent être pollués par les produits phytosanitaires à base d'HCH, d'époxyde d'heptachlore, d'aldrine et de dieldrine, d'hexachlorohexane (HCB).
- Les interventions thérapeutiques sur les animaux. Les traitements des ectoparasites peuvent être la cause de contaminations dus au lindane (HCH). L'effet cancérigène chez l'homme reste à démontrer.

#### **III.2.4 Pollution par les mycotoxines**

Certaines moisissures peuvent provoquer une certaine toxicité pour le corps humain. Cela est particulièrement le cas d'*Aspergillus flavus* dont certaines souches sont à l'origine de produits, dérivés de la coumarine appelés aflatoxines. La présence de ces mycotoxines est une exception dans les aliments destinés à la consommation humaine, mais elle est très courante dans certains aliments de bétail (Jacquet et al., 1970), en particulier les tourteaux d'arachide à base de graines, qui sont mal stockés (Adrian and Lunven, 1969).

L'aflatoxine est une substance liposoluble relativement stable à la chaleur qui est ingérée par les vaches laitières, puis pressée dans le lait et trouvée sous la forme d'hydroxyaflatoxine toxique. Ils peuvent provoquer des lésions hépatiques et une dégénérescence génitale. Certains auteurs leur attribuent des propriétés cancérigènes.

Il est important de prendre en compte ce phénomène et d'assurer la sécurité des tourteaux d'arachide commercialisés par des précautions prophylactiques appropriées (Fehr and Weber, 1968).

#### **III.2.5 Pollutions radioactives**

La radioactivité, créée par Marie Curie vers 1898, est un phénomène physique naturel dans lequel les noyaux instables se désintègrent, libèrent de l'énergie sous diverses formes de rayonnement et se transforment en noyaux atomiques plus stables. Les rayons émis de cette manière sont appelés rayons  $\alpha$ , rayons  $\beta$  ou rayons  $\gamma$  selon le cas.

Les rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  produits la radioactivité sont des rayonnements ionisants qui interagissent avec la matière en provoquant une ionisation. Les effets du rayonnement des organismes vivants sont de moins en moins nocifs pour la santé, selon la dose de rayonnement reçue et le type de rayonnement impliqué (Crouthamel et al., 1970).

Elles sont principalement dues aux retombées radioactives provoquées par les

explosions nucléaires. Par conséquent, ils changent avec les régions et les temps. Parmi les polluants les plus dangereux pour l'homme, certains sont liés à l'iode 131 court (8 jours) existe dans les retombées locales immédiates, notamment le césium 137 et le strontium 90, à long terme (25 et 33 ans), présents longtemps après les explosions, il peut être transporté dans les retombés stratosphériques pendant plusieurs mois, voire des années après les déflagrations (Evans, 1955). Les éléments radioactifs s'accumulent dans le sol, contaminant l'eau et les plantes qui peuvent assimiler les isotopes.

Cela conduit à une contamination animale et à une contamination du lait à un point tel que le métabolisme des produits radioactifs chez les animaux est comparable aux mêmes produits non radioactifs (Evans, 1955).

### **III.2.6 Pollution par la dioxine**

Les dioxines ont été classées comme cancérigènes par l'Organisation mondiale de la santé (O.M.S). Les dioxines sont 2, 3, 7 et 8 tétrachlorodibenzodioxines (TCDD). Le nom "dioxine" est également utilisé pour désigner toute la famille des composés structurellement et chimiquement apparentés, à savoir la polychlorodibenzodioxine (PCDD), le polychlorodibenzofurane (PCDF) et certains biphényles polychlorés (PCB). Il existe environ 414 composés liés à la dioxine, dont seulement 30 sont considérés comme des toxines importantes, et le TCDD est le plus toxique (Veisseyre, 1975).

Les dioxines sont des résidus formés principalement lors de processus de combustion industriels ou naturels et sont présents dans l'environnement et donc dans la chaîne alimentaire (Veisseyre, 1975).

Dans tous les produits d'origine animale, à des niveaux plus ou moins élevés, la teneur en résidus de dioxine est très faible, de l'ordre du pico gramme. La teneur le plus élevé est dans le sol, les sédiments et les animaux. Les dioxines peuvent pénétrer dans le corps humain par la respiration, par absorption au travers de la peau ou éventuellement pénétrer dans l'organisme par ingestion, causant des dommages à la peau et au foie (Veisseyre, 1975).

Une exposition prolongée est associée à une atteinte du système immunitaire, à une perturbation du développement du système nerveux et à des anomalies du système endocrinien et de la fonction de reproduction. L'exposition à long terme des animaux aux dioxines a conduit au développement de plusieurs cancers (Veisseyre, 1975).

### **III.2.7 Défauts de saveurs et de goût**

#### **III.2.7.1 Goût de chauffé, de cuit de caramel**

Cette saveur se retrouve dans le lait pasteurisé au dessus de 79 °C. Le goût est plus fort, on dit qu'il est brûlé. Après deux ou trois jours de stockage, l'odeur chauffée a disparu ou était presque imperceptible (Kuzdzal-Savoie and Mocquot, 1960).

#### **III.2.7.2 Goût dû aux rayons lumineux**

Les radiations du spectre visible, y compris la fluorescence ou toute autre lumière diffusée, peut provoquer un goût désagréable, généralement accompagné d'une odeur de brûlé. Les contenants transparents favorisent sensiblement ce défaut (Kuzdzal-Savoie and Mocquot, 1960).

#### **III.2.7.3 Saveur d'oxydation**

L'oxydation des graisses catalysée par certains métaux (fer, cuivre) peut produire une variété d'arômes, connus sous le nom de fades, métallique, papier, huile et suif. Cette réaction d'oxydation se produit également dans la portion azotée du lait (Kuzdzal-Savoie and Mocquot, 1960).

#### **III.2.7.4 Rancidité**

Sous l'action de la lipase (une enzyme naturellement présente dans le lait ou sécrétée par des bactéries), les triglycérides contenus dans la graisse du lait sont décomposés en acides gras libres. La lipolyse n'est pas vraiment souhaitable car elle confère au lait un goût de rance ; c'est le rancissement ou la rancidité. Elle survient principalement en fin de lactation et chez les vaches laitières à faible rendement (Meyer and Denis, 1999).

#### **III.2.7.5 Saveurs dus aux fermentations**

Dans le lait pasteurisé, le risque de fermentation augmente progressivement avec l'âge, en fonction du nombre de bactéries et de la température de stockage.

La saveur anormale qui en résulte provient généralement de la modification biochimique des protéines et des graisses, et les psychotropes sont généralement protéolytiques ou lipolytiques. Dans le cas des protéines, ces changements se traduisent par l'amertume, tandis que dans le cas des graisses, ils traduisent par la rancidité et parfois par la saveur de fruit. La faible teneur en bactéries du lait pasteurisé peut parfois prouver le développement apparent de mauvais goût. En effet, il arrive que de tels cas résultent de

l'action de l'enzyme thermorésistant sécrété par certaines espèces bactéries, qui ne peuvent survivre à la pasteurisation (Kuzdzal-Savoie and Mocquot, 1960).

**Références bibliographiques**

- Abakar, M.F., Azami, H.Y., Bless, P.J., Crump, L., Lohmann, P., Laager, M., Chitnis, N., Zinsstag, J., 2017. Transmission dynamics and elimination potential of zoonotic tuberculosis in morocco. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 11, e0005214. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005214>
- Adrian, J., 1973. Les éléments minéraux. Valeur alimentaire du lait. Paris: La maison rustique.
- Alais, C., 1984. Science du lait: principes des techniques laitières. Paris, Editions Sepaic. 4c éd. 814.
- Alais, C., 1975. Science du lait: principes des techniques laitières. Société d'édition et de publicité agricoles, industrielles et commerciales, Paris.
- Beal, C., Corrieu, G., 1991. Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Biotechnology and Bioengineering* 38, 90–98. <https://doi.org/10.1002/bit.260380112>
- Benlekhal, A., 2017. La filière laitière au Maroc [WWW Document]. AgriMaroc.ma. URL <http://www.agrimaroc.ma/filiere-laitiere-maroc/> (accessed 6.22.18).
- Bimben, E., Feutry, F., 2007. Quelques bases sur la microbiologie du lait et du fromage. Ed. INRA de Recherche en Technologie et Analyses Laitières et CDEO. Paris, 60p.
- Blanc, B., 1982. Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *Lait* 62, 350–395. <https://doi.org/10.1051/lait:1982617-62024>
- Brochu, É., Dumais, R., Julien, J.-P., Québec, F. de technologie laitière du, Nadeau, P., 1984. Science et technologie du lait: principes et applications. Fondation de technologie laitière du Québec, Dép. de science et technologie des aliments, Université Laval.
- Brulé, G., Lenoir, J., Remeuf, F., 1997. La micelle de caséine et la coagulation du lait. *Le Fromage*, Lavoisier Tec & Doc, Paris 7–41.
- Brunner, J.R., 1981. Cow Milk Proteins: Twenty-Five Years of Progress<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 64, 1038–1054. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82682-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82682-3)
- Burke, N., Zacharski, K.A., Southern, M., Hogan, P., Ryan, M.P., Adley, C.C., 2018. The Dairy Industry: Process, Monitoring, Standards, and Quality. *Descriptive Food Science*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80398>

- Cayot, P. (Philippe), Lorient, D., 1998. Structures et technofonctions des protéines du lait. Arilait Recherches.
- Cerf, O., 1985. Dairy Science and Technology: Principles and Applications. Presses Université Laval.
- Chilliard, Y., Rémond, B., Agabriel, J., Robelin, J., Vérité, R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA 70, 117–131.
- Coppola, S., Blaiotta, G., Ercolini, D., 2008. Dairy products. In: Cocolin, L., Ercolini, D. (Eds.), Molecular Techniques in the Microbial Ecology of Fermented Foods. Springer, New York, pp. 31–90.
- Coulon, J.B., 1991. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. Réflexions à partir de résultats d'enquêtes. INRA Productions animales 4, 303–309.
- Coulon, J.B., Agabriel, C., Brunscwig, G., Muller, C., Bonaiti, B., 1994. Effects of Feeding Practices on Milk Fat Concentration for Dairy Cows<sup>1</sup>. Journal of Dairy Science 77, 2614–2620. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77202-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77202-7)
- Crouthamel, C.E., Adams, F., Dams, R., 1970. Applied gamma-ray spectrometry. Pergamon Press.
- Dalgleish, D.G., Banks, J.M., 1991. The formation of complexes between serum proteins and fat globules during heating of whole milk. Milchwissenschaft (Germany, F.R.).
- Dunkley, W.L., Stevenson, K.E., 1987. Ultra-High Temperature Processing and Aseptic Packaging of Dairy Products. Journal of Dairy Science 70, 2192–2202. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80274-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80274-6)
- Eigel, W.N., Butler, J.E., Ernstrom, C.A., Farrell, H.M., Harwalkar, V.R., Jenness, R., Whitney, R.McL., 1984. Nomenclature of Proteins of Cow's Milk: Fifth Revision<sup>1</sup>. Journal of Dairy Science 67, 1599–1631. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81485-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81485-X)
- Engel, C., 1998. Influence de l'installation de traite, de la technique de traite et des lésions des trayons sur la concentration du lait de vache en cellules somatiques.
- Evans, R.D., 1955. The atomic nucleus. McGraw-Hill.
- FAO, 1995. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Food & Agriculture Org.

- Fehr, W.R., Weber, C.R., 1968. Mass Selection by Seed Size and Specific Gravity in Soybean Populations 1. Crop Science 8, 551–554. <https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800050014x>
- Fimalait, n.d. 2 verres de lait par jour [WWW Document]. URL <http://www.fimalait.ma/fimalait/2-verres-de-lait-par-jour/> (accessed 9.19.19).
- Galvez, A., Abriouel, H., Omar, N.B., et al., 2011. Food applications and regulation. In: Prokaryotic Antimicrobial Peptides. Springer, New York, NY, pp. 353-390.
- Gourbeyre, P., Denery, S., Bodinier, M., 2011. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: impact on the gut immune system and allergic reactions. Journal of Leukocyte Biology 85, 685-695.
- Goursaud, J., 1987. Le contrôle de la qualité du lait, matière première de l'industrie. CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA, Paris 385–394.
- Grappin, R., Beuvier, E., 1997. Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese. International Dairy Journal 7, 751–761. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00006-5)
- Gueguen, L., 1979. Apports minéraux par le lait et les produits laitiers. Cah. Nutr. Diet 213, 213.
- Guiraud, J.P., Rosec, J.P., 2004. Pratique des normes en microbiologie alimentaire Edition AFNOR, 300p. p 50.
- Guiraud, J.P., Galzy, G., 2003. Microbiologie alimentaire. Ed. Usine nouvelle. Paris, 239p.
- Guiraud, J.P., Galzy, G., 1980. L'analyse micro biologique dans les industries alimentaire. Les éditions de l'Usine Nouvelle Paris, p76.
- Hall, C.W., Trout, G.M., 1968. Milk pasteurization. Milk pasteurization.
- HCP, 2013. Monographie régionale de la région du Gharb Chrarda Beni Hssen [WWW Document]. Haut Commissariat au Plan. URL <https://www.hcp.ma/region-kenitra/attachment/647182/> (accessed 5.24.18).
- Hostettler, H., 1972. Appearance, flavour and texture aspects: In IDF monograph on UHT milk. Ann Bull Int Dairy Fed 5, 6–34.
- Imran, M., Revol-Junelles, A.-M., Martyn, A., Tehrany, E.A., Jacquot, M., Linder, M., Desobry, S., 2010. Active Food Packaging Evolution: Transformation from Micro- to

- Nanotechnology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50, 799–821. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.503694>
- Jacquet, J., Boutibonnes, P., Tehrani, A., 1970. Fréquence actuelle des flavotoxines dans les aliments du bétail. *CR - Acad. Agric* 56, 187–200.
- Jacquet, J., Riquier, N., 1968. Recherche et titrage des antibiotiques dans le lait et les produits laitiers II. Utilisation de la méthode des cavités. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*.
- Jeanet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brulé, G., 2008. Les produits laitiers. Technique et documentation. Lavoisier (Ed.). Paris, 184p.
- Jensen, R.G., 2002. The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science* 85, 295–350. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74079-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74079-4)
- Kalliomaki, M., Salminen, S., Arvilommi, H., Kero, P., Koskinen, P., Isolauri, E., 2001. Probiotics in primary prevention of atopic disease: a randomised placebocontrolled trial. *Lancet* 357, 1076-1079.
- Keenan, T.W., Patton, S., 1995. The structure of milk: implications for sampling and storage. *Handbook of milk composition*. Academic Press 5, 5–50.
- Kuzdzal-Savoie, S., Mocquot, G., 1960. Observations sur les qualités organoleptiques du lait. *Lait* 40, 603–620. <https://doi.org/10.1051/lait:1960399-40025>
- Larpent, J.P., 1997. Microbiologie alimentaire. Techniques de laboratoire. Paris. Ed. Technique et documentation, 273 p.
- Leary, M.J., 2004. Manuel de transformation du lait. Chapitre 13, 249p.
- Lenoir, J., 1985. Les caséines du lait. *Rev lait franç* 440, 17–23.
- Leymarios, F.C., 2010. Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation (thèse pour le doctorat vétérinaire). Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Paris, France.
- Lu, J., Pickova, J., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Langton, M., 2018. Influence of seasonal variation and ultra high temperature processing on lipid profile and fat globule structure of Swedish cow milk. *Food. Chem.* 239, 848–857.

- Lubun, D., 1998. Lait de consommation et les produits laitiers dans la nutrition humaine. In. Collection FAO. Luppian J, p.113.
- Luquet, F.M. (ed ), 1985. Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.- v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.- v. 3: Qualite, energie et tables de composition.
- Luquet, F.M., Goursaud, J., Leroy, M., Roux, M., Marciniak, C., Delannoy, F., Degros, A., 1972. Residus de pesticides organochlores dans le lait et les produits laitiers: Bilan 1969-1970-1971. 2. taux de pollution du lait et des produits laitiers francais. Rev Lait Franc.
- Mahieu, H., 1985. Facteurs de variation de la composition du lait. Laits et produits laitiers, tome 1. Lavoisier, Paris.
- Mann, E.J., 1970. Processed cheese. Dairy Industries 35, 843.
- Mariaca, R., Bosset, J.O., 1997. Instrumental analysis of volatile (flavour) compounds in milk and dairy products. Lait 77, 13–40. <https://doi.org/10.1051/lait:199712>
- McMahon, D.J., Brown, R.J., 1984. Composition, Structure, and Integrity of Casein Micelles: A Review<sup>1</sup>. Journal of Dairy Science 67, 499–512. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81332-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81332-6)
- McMahon, D.J., McManus, W.R., 1998. Rethinking Casein Micelle Structure Using Electron Microscopy<sup>1</sup>. Journal of Dairy Science 81, 2985–2993. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75862-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75862-X)
- McSweeney, P., 2006. Special Issue First IDF Symposium on Indigenous Enzymes in Milk. Elsevier.
- Meffe, N., 1994. La lipolyse dans le lait du vache: Bien en comprendre les mécanismes et les causes pour mieux la prévenir. Recueil de Méd. Vet.-Spécial Qualité du lait 170, 399–410.
- Mendy, F., 1982. Le beurre et les nutritionnistes 51–64.
- Mercenier, A., Pavan, S., Pot, B., 2002. Probiotics as biotherapeutic agents: Present knowledge and future prospects. Current Pharmaceutical Design 8, 99-110.
- Meyer, C., Denis, J., 1999. Élevage de la vache laitière en zone tropicale. Editions Quae.

- Morel, P., 1962. Enquete sur la présence d'antibiotiques dans le lait de trois zones de production. *Lait* 42, 593–601. <https://doi.org/10.1051/lait:1962419-42021>
- Morrissey, P.A., 1985. Lactose: Chemical and Physicochemical Properties, in: Fox, P.F. (Ed.), *Developments in Dairy Chemistry—3*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 1–34. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4950-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4950-8_1)
- Neville, M.C., 1995. *Determinants of milk volume and composition*. Academic Press, San Diego.
- Newburg, D.S., Neubauer, S.H., 1995. Carbohydrates in milk. *Handbook of milk composition*.
- Oliver, S.P., Jayarao, B.M., Almeida, R.A., 2005. Foodborne pathogens in milk and the dairy environment: food safety and public health implications. *Foodborne Pathog Dis* 2, 1115–1129.
- Poueme, N.R.S., 2006. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du lait dans la filière artisanale au Sénégal. Thèse : Méd.Vét. : Dakar, 23.
- Pien, J., 1975. Physicochimie du lait. *Tech lait* 841, 13–149.
- Pointurier, H., 2003. *La gestion matières dans l'industrie laitière*. Tec & Doc Lavoisier.
- Picard, C., Fioramonti, J., Francois, A., Robinson, T., Neant, F., Matuchansky, C., 2005. Review article: bifidobacteria as probiotic agents - physiological effects and clinical benefits. *Alimentary Pharmacology Therapeutics* 22, 495-512.
- Pierre, A., & Fauquant, J., 1986. Principes pour un procédé industriel de fractionnement des protéines du lactosérum. *Le lait*, 66, 405-419.
- Poueme, N.R.S., 2006. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du lait dans la filière artisanale au Sénégal (Méd. Vét.). Dakar.
- Pougheon, S., Goursaud, J., 2001. *Le lait: caractéristiques physicochimiques*. Lait, Nutrition et Santé. Ed. Tec. et Doc., Lavoisier, Paris 3–42.
- Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O., Khan, M.I., 2016. Chemical Composition, Nitrogen Fractions and Amino Acids Profile of Milk from Different Animal Species. *Asian-Australas J Anim Sci* 29, 1022–1028. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0452>

- Ratray, W., Gallmann, P., Jelen, P., 1997. Nutritional, sensory and physico-chemical characterization of protein-standardized UHT milk. *Lait* 77, 279–296. <https://doi.org/10.1051/lait:1997220>
- Reid, G., Jass, J., Sebulsy, M. T., McCormick, J. K., 2003. Potential uses of probiotics in clinical practice. *Clinical Microbiology Review* 16, 658-672.
- Rémond, B., Ollier, A., Miranda, G., 1992. Milking of cows in late pregnancy: milk production during this period and during the succeeding lactation. *Journal of Dairy Research* 59, 233–241. <https://doi.org/10.1017/S002202990003051X>
- Richou-Bac, L., 1973. Etat actuel de la pollution du lait et des produits laitiers par les résidus de composés organo-chlorés. *Lait* 53, 117–136. <https://doi.org/10.1051/lait:1973523-5245>
- Salminen, S., Isolauri, E., Salminen, E., 1996. Clinical uses of probiotics for stabilising gut mucosal barrier: successful strains and future challenges. *Antonie Van Leeuwenhoek* 70, 347-358.
- Savilahti, E., Kuitunen, M., Vaarala, O., 2008. Pre and probiotics in the prevention and treatment of food allergy. *Current Opinion Allergy and Clinical Immunology* 8, 243-248.
- Schuck, P., Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., 2000. Les produits industriels laitiers. Lavoisier TEC et DOC Editions.
- Snappe, J.J., Hasni-Alaoui, I., Hamma, A., Faye, B., 2010. Protéines lactières. In. *Technique de l'ingénieur. Traité Agroalimentaire*, P. 19.
- Sottiez, P., 1985. Produits derives des fabrications fromageres. *Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre / Societe scientifique d'hygiene alimentaire; Francois M. Luquet, coordonnateur, assiste de Yvette Bonjean-Linczowski; prefaces de J. Keilling, R. de Wilde.*
- Stanton, C., Gardiner, G., Meehan, H., Collins, K., Fitzgerald, G., Lynch, P.B., Ross, R .P., 2001. Market potential for probiotics. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, 476-483.
- Stiles, M.E., Holzappel, W., 1997. Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy *International Journal of Food Microbiology*, 36(1): 1-29.

- Surel, O., Ali-Haimoud-Lekhal, D., 1999. Composition de la matière grasse du lait de vache et influence des traitements technologiques. *Revue de médecine vétérinaire* 150, 681–690.
- Tannock, G. W., 1999. Analysis of the intestinal microflora: a renaissance. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 76, 265-278.
- Thieulin, G., Pantaléon, J., Richou, L., Cumont, G., 1967. Les résidus de pesticides dans le lait et les produits laitiers. *Le Lait* 47, 1–8.
- Vassal, L., Auclair, J., 1965. Fréquence des antibiotiques dans le lait de grand mélange 221, 253–254.
- Veisseyre, R., 1975. *Technologie du lait: constitution, recolte, traitement et transformation du lait* 3. ed.
- Vignola, Carole.L., 2002. *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.
- Walstra, P., 1999. Casein sub-micelles: do they exist? *International Dairy Journal* 9, 189–192. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00059-X)
- Weber, F., 1985. Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports. *Food & Agriculture Org.*
- Wiles, P.G., Gray, I.K., Kissling, R.C., 1998. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. *J AOAC Int* 81, 620–632.
- Wolters, M., Ströhle, A., Hahn, A., 2004. Cobalamin: a critical vitamin in the elderly. *Preventive Medicine* 39, 1256–1266. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.04.047>

**DEUXIEME PARTIE :**

**RESULTATS EXPERIMENTAUX**

**Chapitre IV:**

**Matériels et méthodes**

## IV.1 Régions d'étude et échantonnage

### IV.1.1. Régions d'étude

La présente étude a été menée dans des différentes régions leader en production laitière au Maroc, notamment la région de Doukkala (DKK), Chaouia, Fkih Ben Salh (FBS), El-Kelaa, Meknès et Gharb (Figure II.1) (HCP, 2013).

#### IV.1.1.1 Localisation Géographique et climat de la région de Doukkala

La région de Doukkala Abda est étendue sur 13 285 km<sup>2</sup>, soit 1,87% de la superficie du pays, limitée au nord-est par la province de Settât, au sud-est par la province de Kelaat Sraghna et la wilaya de Marrakech et au sud-ouest par la province d'Essaouira.

**Climat :** le climat au niveau de la région de Doukkala Abda est de type semi-aride à hiver tempéré doux avec un été généralement chaud et sec et des influences océaniques dans le littoral.

#### IV.1.1.2 Localisation Géographique et climat de la région de Chaouia

La superficie de la région s'étend sur environ 16571 km<sup>2</sup>, ce qui constitue 2,3% de la superficie totale du territoire du royaume. La région de la Chaouia-Ouardigha se situe au centre du royaume. Elle est délimitée au nord par la préfecture Ain Chock-Hay Hassani, la province de Nouasser, la préfecture Ben Msick-Mediouna et la wilaya de Rabat ; au nord-est par la province de Khémisset, à l'est par la province de Khénifra ; au sud par les provinces d'El Kalaâ-des Sraghna et la province de Béni Mellal ; et à l'ouest par la province d'El Jadida et l'océan atlantique.

**Climat :** la région se caractérise par un climat de type continental semi-aride. Ses étés sont chauds avec des températures allant de 35° à 45° et ses hivers sont froids de 5° à 15°.

#### IV.1.1.3 Localisation Géographique et climat de la région de Fkih Ben Saleh

La province de Fquih Ben Salah se situe au centre-ouest de la région Béni Mellal-Khénifra. Elle est délimitée par la province de Khouribga au nord, la province de Béni Mellal à l'est, la province d'Azilal au sud et à l'ouest les provinces de Settât (région Casablanca Settât) et la province de Kellaa des Sraghna (Région de Marrakech Safi). La superficie de la province s'étend sur environ 2547 km<sup>2</sup>, ce qui constitue 0,3% de la superficie totale du territoire du royaume.

**Climat :** le climat au niveau de la région de Fkih Ben Salah est tempéré chaud. L'hiver à Fkih

Ben Salah se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. En moyenne la température à Fkih Ben Salah est de 18.9 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 483 mm.

#### **IV.1.1.4 Localisation Géographique et climat de la région d'El Kelaa**

La superficie de la région s'étend sur environ 4 214 km<sup>2</sup>. La région d'El Kelâat Es-Sraghna est une province de la région de Marrakech-Safi.

**Climat :** El Kelaa Des Sraghna possède un climat méditerranéen chaud avec été sec. Tout au long de l'année, il y a peu de précipitations à El Kelaa des Sraghna. Sur l'année, la température moyenne à El Kelaa des Sraghna est de 19.1 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 278 mm.

#### **IV.1.1.5 Localisation Géographique et climat de la région de Meknès**

La région de Meknès couvre une superficie de 79 000 km<sup>2</sup>. Située au centre-nord du Maroc.

**Climat :** L'éloignement de Meknès des côtes méditerranéennes et de l'océan atlantique et l'influence du massif du moyen atlas fait que son climat est semblable à celui de Fès : chaud et sec en été et froid et rigoureux en hiver. L'été, les températures avoisinent les 35 °C et l'hiver elles sont souvent inférieures à 5 °C. La pluviométrie annuelle est en moyenne de 360 mm.

#### **IV.1.1.6 Localisation Géographique et climat de la région de Gharb**

La région du Gharb Chrarda Bni Hssen se situe au Nord Ouest du Maroc, Elle est limitée par la région de TangerTétouan au Nord, les régions de Taza-Al Hoceima-Taounat et Fes-Boulmane à l'Est, les régions de Rabat-SaléZemmour-Zaer et Meknès Tafilalt au Sud et l'Océan atlantique à l'Ouest. La région s'étend sur une superficie de 7 990 km<sup>2</sup> (Kénitra : 3 052 km<sup>2</sup>, Sidi Slimane : 1 825 km<sup>2</sup> et Sidi Kacem : 3 113 km<sup>2</sup>), soit 1,12% de la superficie nationale.

**Climat :** La Région du Gharb-Chrarda-Beni Hssen bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par l'alternance d'une saison humide d'Octobre à Avril et une saison sèche et chaude de Mai à Septembre. Le mois le plus froid de l'année est février où la température moyenne descend jusqu'à 9,54 °C (Sidi Kacem) et 9,43 °C dans la province de Kénitra. Les mois les plus chauds sont Juillet et Août avec des températures plus élevées dans la province de Sidi Kacem (27,72 °C en Juillet et 27,47 °C en Août). La pluviométrie annuelle est en

moyenne de 427 mm.

#### **IV.1.2. Période d'étude et échantillonnage**

Une série d'études de cas pratiques en été réalisées dans différentes périodes :

- La première étude s'est déroulée durant toute l'année de 2015 (de Janvier 2015 à Décembre 2015), dans différentes saisons de production de lait (hiver, printemps, été et automne) et à raison de deux prélèvements mensuels.
- Le deuxième suivi s'est porté sur des périodes différentes de Juin 2016 à Mai 2017 à raison d'un prélèvement hebdomadaires pour obtenir des résultats plus significatifs.
- Une troisième étude a été réalisée sur des périodes différentes de l'année de 2018 pour avoir des échantillons qui présentent différent régime alimentaire, quelle que soit la structure et l'âge du troupeau.

##### **IV.1.2.1 Collecte d'échantillons**

Au total, 129 échantillons ont été retenus pour les trois études, dont 24 pour l'étude de la variation de la teneur en azote non protéique par région et par saison et son impact sur l'analyse des protéines du lait au Maroc, 53 concernant le deuxième suivi qui porte sur une étude de corrélation entre les conditions climatiques sur les propriétés physico-chimiques du lait de bovins au Maroc et 52 échantillons prélevés pour étudier le changement de composition physico-chimique du lait de bovin marocain au fil des années. Tous les échantillons sont représentatifs du fonctionnement normal de l'unité laitière. Deux prélèvements par échantillon ont été pris à chaque passage, à raison de 0,5 L de lait de mélange, pour assurer la fiabilité de l'analyse.

Les prélèvements ont été porté sur des échantillons de lait de mélange « de citerne » collectés par régions. Les laits de citerne sont collectés lors du ramassage du lait par le laitier et représentent le lait mélangé de différentes exploitations en moyenne. Les tournées de ramassage ont été sélectionnées pour représenter la variabilité des laits produits et regroupent donc des fermes et des centres de collecte coopératifs situés dans différentes régions du Maroc. Le prélèvement du lait a eu lieu immédiatement après la traite du matin et concernait exclusivement le lait de cette traite.

L'échantillon est réfrigéré pour éviter l'effet de la température ambiante pendant le transport jusqu'au laboratoire dans des flacons stérilisés et maintenus dans des glacières contenant des blocs réfrigérants à une température comprise entre 1 °C et 4 °C. La

température est vérifiée avec un thermomètre portatif dans un flacon rempli d'eau qui est conservé avec les échantillons dans la glacière (Sraïri et al., 2005).

#### **IV.1.2.2 Détermination des propriétés physico-chimiques du lait**

##### **IV.1.2.2.1 Analyse du pH**

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait : Un lait frais normal a un pH neutre ou une tendance légèrement acide vis-à-vis de l'eau pure (pH 7 à 20 °C). L'action des bactéries lactiques dégradent une partie du lactose du lait en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en ions hydronium [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] et donc une diminution du pH.

###### **a. Principe**

Après avoir étalonner le pH mètre à l'aide d'une solution tampon, on plonge l'électrode dans le bécher contenant les deux types du lait.

###### **b. Mode opératoire**

Le mode opératoire pour la détermination du pH :

- Etalonner le pH à l'aide des deux solutions tampons.
- Introduire l'électrode dans le bécher contenant le lait à analyser.
- A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.

##### **IV.1.2.2.2 Analyse de la densité du lait**

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

La densité est liée à sa richesse en matière sèche.

###### **a. Principe**

La détermination de la densité a été mesurée à 20 °C à l'aide d'un lacto-densimètre.

###### **b. Mode opératoire**

Mettre l'échantillon dans une éprouvette de 250 mL. Ensuite, plonger le thermo-lactodensimètre dans l'éprouvette pleine qui débordera pour éventuellement éliminer la mousse. Il faut maintenir l'appareil verticalement et lire quand il est immobile.

### **IV.1.2.2.3 Analyse de la teneur en protéines**

#### **a. Principe**

Les méthodes de dosage des protéines du lait, utilisées en routine ou dans les laboratoires de contrôle de l'industrie laitière, fournissent des résultats qui ne sont pas directement comparables, car obtenus par des techniques différentes.

La comparaison des résultats obtenus par différentes méthodes ou d'un laboratoire à l'autre, doit être basée sur une méthode de référence commune dont la précision est bonne. La précision est une notion globale qui comprend la fidélité (répétabilité : fait par le même opérateur, dans le même laboratoire ; reproductibilité : comparaison d'un laboratoire à l'autre), la justesse (comparaison d'une méthode avec la méthode de référence) et la sensibilité (Rafiq et al., 2016).

Par conséquent, la méthode utilisée pour déterminer la teneur en protéines est la méthode de référence, qui est basée sur la mesure de l'azote total par analyse Kjeldahl. L'azote est multiplié par un facteur, généralement de 6,38, pour exprimer les résultats sous forme de protéine totale (également appelée protéine "brute") (Lynch and Barbano, 1999; Walstra, 1992).

#### **b. Mode opératoire**

La teneur en protéines, déterminée dans les 24 heures, a été mesurée par la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1985).

##### **Etape 1 :**

Analyse de l'azote total (AT) :

- Introduction directe de 0,2 g de l'échantillon du lait dans le tube à essai.

Analyse de l'azote non protéique (ANP) :

- Pesage de 10 g de l'échantillon ;
- Ajout de 40 g d'acide trichloracétique 15% ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ) ;
- Filtration avec du papier filtre (le filtrat doit être transparent et exempt de particules de matière);
- Transvasement de 20 g du filtrat dans le tube à essai.

**Etape 2 :**

- Minéralisation des deux tubes à essais à 420 °C en ajoutant 25 mL d'acide sulfurique (95 à 97%) et deux pastilles du catalyseur kjeldahl (Cu-Tio<sub>2</sub>) ;
- Distillation avec la soude NaOH (33%) (le digeste prend une coloration bleue) et le distillat s'est récupéré dans une solution d'acide borique 4% à pH= 4,65 ;
- Titration par potentiomètre avec une solution d'acide chlorhydrique (0,1N pour AT) et (0,01N pour ANP).

**Calcul de la teneur en protéines :**

La différence entre la teneur en azote total et l'azote soluble du lait, multipliée par le coefficient 6,38, donne la teneur en matière protéique (MP) du lait en g/L.

$$\text{Taux de protéines} = 6,38 \times (\text{AT} - \text{ANP})$$

**IV.1.2.2.4 Analyse de la teneur en matière grasse**

La teneur en matière grasse a été déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber.

**a. Principe**

Les constituants du lait autres que la matière grasse sont dissous par l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Et grâce à la force centrifuge et l'ajout d'une petite quantité d'alcool isoamylique (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O) qui dissout la matière grasse, cette dernière se sépare et monte au sommet du butyromètre (Afnor, 2011).

**b. Mode opératoire**

Dans un butyromètre : en utilisant un doseur mettre d'abord 10 mL d'acide sulfurique en s'assurant de ne pas mouiller le haut de l'appareil. Ensuite, mettre 11 mL de lait en évitant le mélange avec l'acide pour ne pas augmenter la température du butyromètre. Puis, mettre 1 mL d'alcool isoamylique et enfin boucher le butyromètre à l'aide d'un bouchon sec. Agiter le butyromètre pour mélanger le lait, l'acide et l'alcool pour favoriser l'attaque acide. Au début du mélange l'acide coagule les caséines, agiter pour dissoudre le caillé. Pour agiter, retourner le butyromètre.

Centrifugation : introduire le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5 minutes (à 1200 tours/minute) avant son refroidissement en équilibrant celle-ci.

#### **IV.1.2.2.5 Analyse de la teneur en matière sèche**

La matière sèche du lait le produit résulte de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme (AFNOR, 1985).

##### **a. Principe**

Dessiccation par évaporation d'une certaine quantité de lait et pesée du résidu.

##### **b. Mode opératoire**

Le mode opératoire pour la détermination de la matière sèche :

- Dans une capsule, en inox, séchée et préalablement tarée P1 peser environ 5 g de lait P2 ;
- Placer la capsule découverte pendant 30 minutes sur le bain marie ;
- L'introduire dans l'étuve pendant 3 heures à  $103 \pm 2$  °C ;
- Mettre ensuite la capsule dans le dessiccateur et laisser refroidir pendant 20 minutes ;
- Repeser P3.

La matière sèche totale exprimée en g/L est alors donnée par le théorème suivant :

La matière sèche totale exprimée en g/L est alors donnée par le théorème suivant :

$$EST = \frac{P3 - P1}{P2} \times 1000$$

Où :

- **P1** : masse de la boîte de pétri vide,
- **P2** : masse de la prise d'essai,
- **P3** : masse de la boîte de pétri étuvée.

**Références bibliographiques**

- Afnor, 2011. NF EN ISO 1211 - Lait - Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode gravimétrique (Méthode de référence) [WWW Document]. URL <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-1211/lait-determination-de-la-teneur-en-matiere-grasse-methode-gravimetrique-methode-de-reference/article/787705/fa159772> (accessed 5.23.18).
- AFNOR, 1985. Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, 3ème ed. Paris 107-121-125-167–251.
- HCP, 2013. Monographie régionale de la région du Gharb Chrarda Beni Hssen [WWW Document]. Haut Commissariat au Plan. URL <https://www.hcp.ma/region-kenitra/attachment/647182/> (accessed 5.24.18).
- Lynch, J.M., Barbano, D.M., 1999. Kjeldahl nitrogen analysis as a reference method for protein determination in dairy products. *J. AOAC Int.* 82, 1389–1398.
- Pointurier, H., 2003. La gestion matières dans l'industrie laitière. Tec & Doc Lavoisier.
- Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O., Khan, M.I., 2016. Chemical Composition, Nitrogen Fractions and Amino Acids Profile of Milk from Different Animal Species. *Asian-Australas J Anim Sci* 29, 1022–1028. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0452>
- Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A., 2005. Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc. *Revue Méd. Vét.* 156, 155–162.

## **Chapitre V:**

**The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco**



University Mohammed Premier



# Journal

## of Materials & Environmental Science



**The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco**

Marouane Chrif<sup>1</sup>, Abderrahim El Hourch<sup>1</sup>, Selma Chouni<sup>2</sup>, Samir Aitbenyouf<sup>2</sup>, Abdellah El abidi<sup>2</sup>

*1 Laboratory of Electrochemistry and Analytical chemistry Faculty of Sciences, University Mohammed V, Avenue Ibn Battouta 1014, Rabat, Morocco.*

*2 Laboratory of Physical Chemistry, Department of Hydrology and Toxicology, National Institute of Hygiene, 27 avenue Ibn Batouta, 10090 Rabat, Morocco.*

\*Corresponding author(s): E-mail: [maro41@hotmail.com](mailto:maro41@hotmail.com)

(Received 08 June 2017; Accepted 26 August 2017)

**Abstract**

This work concerns a statistical study whose objective is to study the variation in non-protein nitrogen content on samples from cow milk collection centers (cooperative collection centers) and farms in the Doukkala region (DKK), Chaouia, Fkih Ben Salh (FBS), El-Kalaa, Meknes and Gharb, and the possibility of eliminating the non-protein nitrogen determination phase to calculate the protein milk. Samples were collected throughout the year 2015. Analysis results show that there is a relationship (factor) between the total nitrogen (NT) and protein nitrogen (NP) parameters and also show that the effect Of the milk origin and the period does not significantly affect non-protein nitrogen (NPN) in milk.

**Keywords:** Raw milk, Non-protein nitrogen, Collection centers, Farms, Morocco.

## **1. Introduction**

Proteins are one of the essential components of milk. In the last few years, an increase in cheese consumption occurred, so the determination of protein content of milk is an important factor for the price paid for by the industry [1].

Morocco is transitioning from extensive pastoralist livestock and dairy production to more intensified production due to increasing demands for dietary protein by a growing human population [2].

Protein contains about 95% of the total nitrogen present [3]. The NPN content of milk represents only 5 to 6% of the total N in milk. However, the significance of this milk N fraction to energy and N metabolism in the dairy cow has not been well characterized. The single largest contributor to the NPN fraction of milk NPN is urea [4].

The objective of this work is optimization of the costs related to the control of the protein content of milk. We are studying the possibility and utility of eliminating the non-protein nitrogen determination phase. The NPN fraction of milk and other foods can be isolated using different techniques. Trichloroacetic acid (TCA) was used by Rowland (1938) to separate the protein and NPN fraction of milk [5]. The proteins was determined by the Kjeldahl method using the known formula  $[(TN - NPN) * 6.38]$  [6].

## **2. Material and Methods**

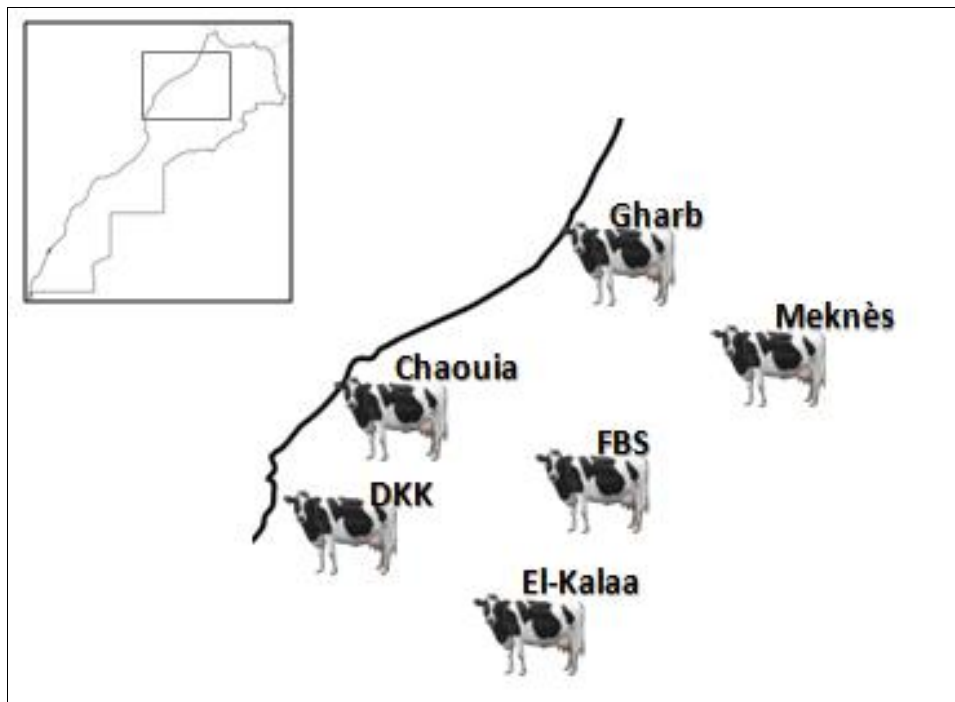
### *2.1. Method of analysis*

A large number of methods have been used for the quantitative determination of milk proteins. The reference method for the determination of the protein content for payment is based on the measurement of total nitrogen by Kjeldahl analysis. Nitrogen is multiplied by a factor, usually 6.38, to express the results as total protein (also called "crude" protein) [7, 8].

### *2.2. Study area and sampling*

The tests began in January 2015 and ended at the end of December 2015. Milk samples of mixture "Cistern" by region were collected, with two monthly withdrawals over different period. Milk tank are collected during the collection of milk by the slag and represent the mixed milk of different farms on average. This collection rounds have been selected to represent the variability of the milk products and therefore include cooperative farms and collection centers in different regions of Morocco [9] (Leading regions in terms of milk production): Doukkala (DKK), Chaouia, Fkih Ben Salh (FBS), El-Kalaa, Meknes and Gharb

in different milk production seasons (winter, spring, summer and autumn) (Figure 1).



**Figure 1:** Map of the six regions studied

### 2.3. Collection of milk samples and laboratory analyzes

The sampling of the milk took place immediately after the morning milking and concerned exclusively the milk of this milking. Two samples are taken at each passage at a rate of 0.5 L of milk of mixture, for the physical and chemical analysis.

The sample is refrigerated to avoid the effect of the ambient temperature during transport to the laboratory in sterilized vials and kept in coolers containing refrigerant block at temperature between 1°C and 4°C. The temperature is checked with a portable thermometer in a bottle filled with water which is stored with the samples in the coolers [10].

The protein content  $PN = ((TN - NPN) \times 6.38)$ , determined within 24 hours, was measured by the Kjeldahl method (NF EN ISO 8668-1).

The total nitrogen was analyzed by direct introduction of 0.2 g of the milk sample into the matras (vial). For analysis of non-protein nitrogen, 10 g of the sample was weighed, 40 g of 15% trichloroacetic acid ( $CCl_3COOH$ ) was added, filtered with filter paper (the filtrate should be transparent and free Of particulate matter), and then 20 g of the filtrate was

transferred to the matras (vial). The mineralization was done at 420 ° C with 25 ml of sulfuric acid (95-97%) and two pellets of the Kjeldahl catalyst (Cu-TiO<sub>2</sub>). The distillation was done with NaOH (33%) (the digest takes a blue color) and the distillate was collected in a boric acid solution 4% at pH = 4.65. The titration was done by potentiometer with a hydrochloric acid solution (0.1N for TN) and (0.01N for NPN).

### **3. Results and discussion**

#### *3.1. Total nitrogen and non-protein nitrogen by season and region*

The study of deviations between extreme values (Table 1) shows a variability in the total nitrogen content in the summer and spring season, which is 44.7 and 51.4 mg TN/100 g respectively and slight variability that varies between 22.7 and 31.7 mg TN/100 g for the fall and winter season.

The difference between the extreme values for the regions studied shows a variability in total nitrogen content of 38.2 and 54.4 mg TN/100 g belongs to the blended milk from the Chaouia region and FBS respectively.

Whereas during the entire study period, the non-protein nitrogen content varied little from 5 to 7.7 mg of non-protein N/100 g for all mixing milk from the 6 regions and varied not significantly from 3.6 to 4.7 mg non-protein N/100 g in all seasons.

These results also show that the non-protein nitrogen content, whatever the factor (season or region), varies between 25.4 mg and 33.4 mg NPN /100 g, which appears to be very low. These values are very close to those found by Roger [11] which are in the range of 16 mg to 32 mg NPN/100 g in normal milk provided by healthy animals. Although the NPN content found by Haimei and Ying [12] which is 23 and 42 mg NPN/100 g was a little larger than in this study.

*The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco*

**Table 1:** Comparison of the variability between the total nitrogen content and non-protein nitrogen content of mixing milk, between regions and seasons.

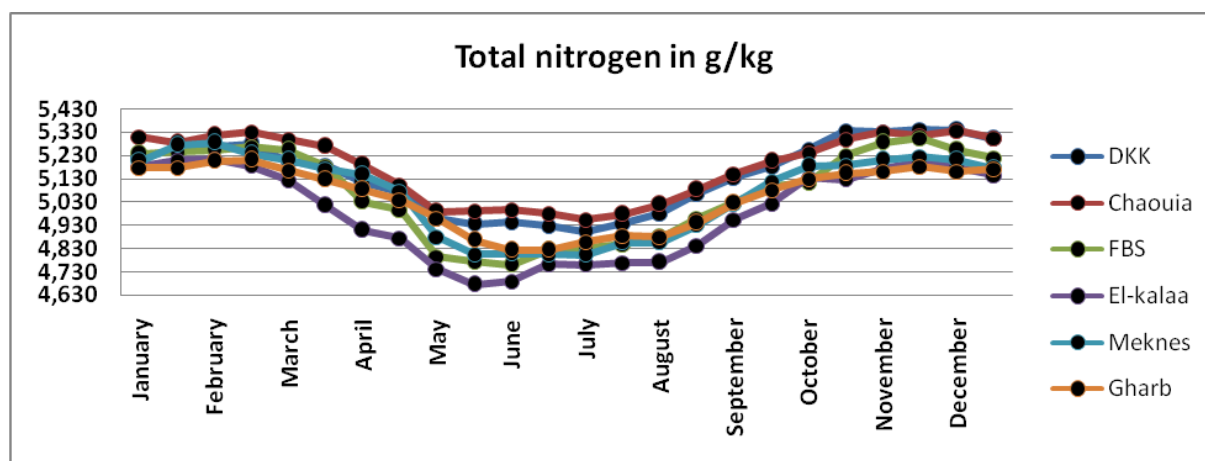
Factor of variation	Difference between extreme values (mg N/100 g of milk)						2/1 (p.100)
	TN (1)			NPN (2)			
	min value	max value	difference	min value	max value	difference	
<b>4 seasons</b>							
<b>Winter</b>	501.4	533.1	31.7	29.8	33.4	3.6	11.4
<b>Spring</b>	467.6	519.0	51.4	25.7	29.6	3.9	7.6
<b>Summer</b>	476.0	520.7	44.7	25.4	29.8	4.4	9.8
<b>Autumn</b>	511.3	534.0	22.7	28.2	32.9	4.7	20.7
<b>12 months</b>							
<b>DKK</b>	490.4	534.0	43.6	27.9	32.9	5.0	11.5
<b>Chaouia</b>	495.5	533.7	38.2	26.5	33.4	6.9	18.1
<b>FBS</b>	476.0	530.4	54.4	27.3	32.6	5.3	9.7
<b>El-kalaa</b>	467.6	521.5	53.9	25.7	32.3	6.6	12.2
<b>Meknes</b>	480.3	528.5	48.2	25.4	33.1	7.7	15.9
<b>Gharb</b>	482.3	521.0	38.7	25.9	32.9	7.0	18.3
<b>Mixing milk</b>	467.6	534.0	66.4	25.4	33.4	8.0	12.0

**Table 2:** Non-protein fractions of mixed milk compared between regions and seasons

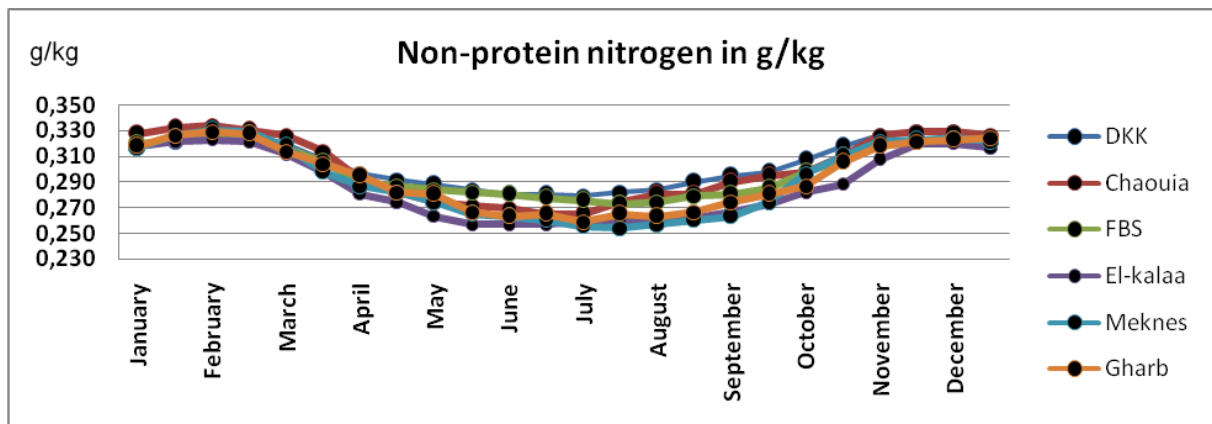
Factor of variation	mg d'N/100 g of milk		2/1 (p.100)
	TN (1)	NPN (2)	
<b>4 seasons</b>			
<b>Winter</b>	522.3 ±6.30	32.0 ±0.9	6.1
<b>Spring</b>	492.1 ±13.4	27.6 ±1.1	5.6
<b>Summer</b>	496.1 ±12.2	27.3 ±1.2	5.5
<b>Autumn</b>	522.9 ±7.30	31.5 ±1.3	6.0
<b>12 months</b>			
<b>DKK</b>	514.5 ±15.5	30.4 ±1.8	5.9
<b>Chaouia</b>	517.8 ±14.3	30.1 ±2.5	5.8
<b>FBS</b>	506.9 ±19.2	29.9 ±2.0	5.9
<b>El-kalaa</b>	498.5 ±19.4	28.7 ±2.6	5.8
<b>Meknes</b>	507.0 ±17.5	29.2 ±2.8	5.8
<b>Gharb</b>	505.3 ±13.6	29.4 ±2.6	5.8
<b>Mixing milk</b>	508.4 ±18.0	29.6 ±2.0	5.8

The difference in total nitrogen averages (higher and lower average) (Table 2) shows that there is a difference in total nitrogen content between regions, which is 19.3 mg TN/100 g and a difference of 30.8 mg TN/100 g according to the season. Non-protein nitrogen does not vary greatly in any region and season, from 27.3 mg to 32 mg NPN/100 g. The average non-protein nitrogen obtained in the study is 29.6 mg NPN/100 g, which is higher than that found by Ruska [13], which is 20.4 mg NPN/100 g and somewhat lower than that found by Haimei and Ying [12] which is 32.5 mg NPN/100 g. The rate of non-protein nitrogen ranges from 5.5 to 6.1 % in all seasons and from 5.8 to 5.9 % for all regions. Whereas the mix milk level from all regions and in all seasons is 5.8 %. Thus, it is clearly observed that the rate of non-protein nitrogen is slightly varied from 5.5 to 6.1 % relative to total nitrogen and is higher than that found by Haimei and Ying [12] which is 5 %.

Figures 2 and 3 show that the total and non-protein nitrogen content decreases progressively in the same way, regardless of the sampling region from the first week of April and then increases significantly from the first week of September for all regions studied. It is clearly observed that the medium and the season have a significant impact on the total nitrogen content. On the other hand, they do not have a large influence on the variation in the proportion of non-protein nitrogen since it varies within narrow limits.



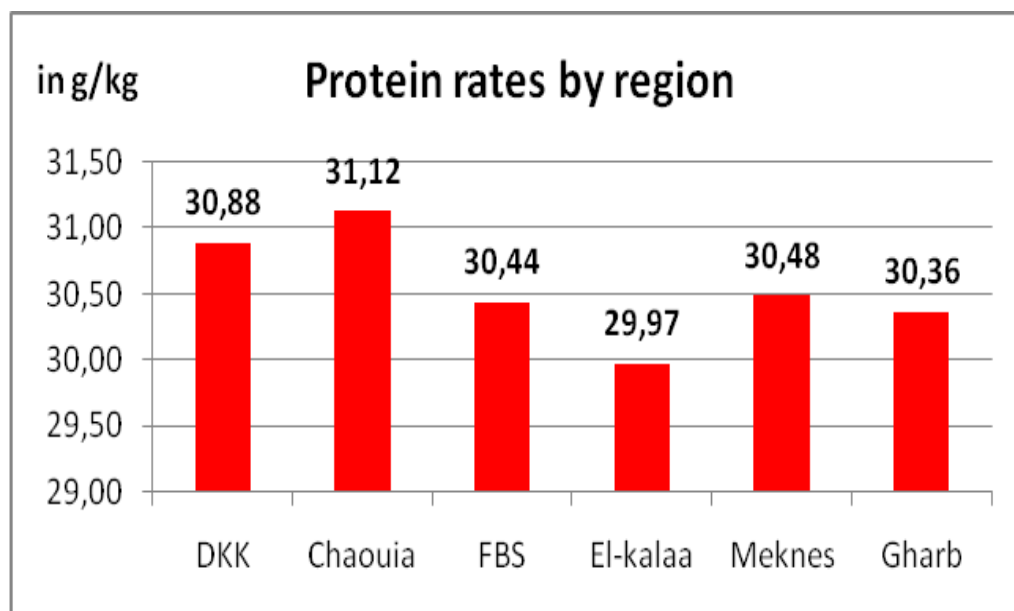
**Figure 2:** Influence of season and region on total nitrogen



**Figure 3:** Influence of season and region on non-protein nitrogen

### 3.2. Average protein content of the mixed milk

The protein content of the mixed milk between the regions (Figure 4) appears to be stable on all the milk collected and varies in a range of 29.97 g/kg to 31.12 g/kg with an average of 30.55 g/kg lower than those found by Nistor [14] 32.5 g/kg with a maximum of 45 g/kg and a minimum of 20 g/kg.

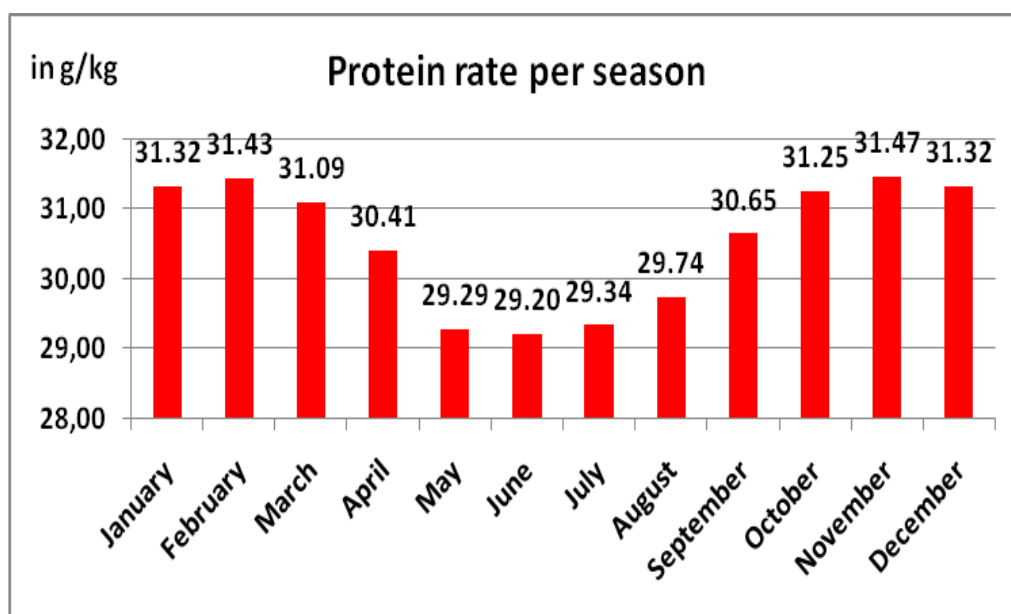


**Figure 4:** Protein content of the mixed milk by region

**Table 3:** Protein content of mixed milk compared between regions and seasons

Factor of variation	min of PN g/gk	max of PN g/kg	difference	PN g/kg
<b>4 seasons</b>				
Winter	30.09	31.9	1.81	31.28 ±0.36
Spring	28.19	31.25	3.06	29.63 ±0.81
Summer	28.72	31.34	2.62	29.91 ±0.72
Autumn	30.72	32.02	1.30	31.35 ±0.42
<b>12 months</b>				
DKK	29.51	32.02	2.51	30.88 ±0.87
Chaouia	29.92	31.95	2.03	31.12 ±0.76
FBS	28.58	31.79	3.21	30.44 ±1.11
El-kalaa	28.19	31.21	3.02	29.97 ±1.08
Meknes	28.96	31.61	2.65	30.48 ±0.96
Gharb	29.09	31.15	2.06	30.36 ±0.72
Mixing milk	28.19	32.02	3.83	30.54 ±0.98

The protein content of milk mixing according to the seasons (Figure 5) appears to be somewhat stable on all milk collected and ranges from 29.20 g/kg to 31.47 g/kg with an average of 30.34 g/kg lower than those found by Nistor [14] 32.5 g/kg with a maximum of 45 g/kg and a minimum of 20 g/kg.



**Figure 5:** Protein content of the mixed milk by season

The variation in the protein content is due to several factors that can influence milk quality (region, season and nature of producers : dairy cooperatives and farms) [15] and also the food factor.

The influence of genetics on the protein content can also be characterized by considering the different breeds [16]. About 55 % of the variability in protein content is caused by genetics ; The rest is environment-related [17]. Environmental factors are related to the production level, lactation stage, cow age, sanity and nutrition [16]. Thus, it is important to pay attention to selection criteria because of their potential effects on various physiological processes [18, 19].

#### **4. Conclusion**

Non-protein nitrogen in the mixed milk varies within narrow limits with an average of 5.7 % under the influence of environmental factors and season. This could justify the fact that during analysis of the protein nitrogen in the milk mixture, the analysis of the non-protein phase can be eliminated in order to optimize the costs relating to the control of the physico-chemical quality.

This result will reduce the cost and time of protein determination by Kjeldahl method, increase labor performance and identify the most important source of losses in dairy industry and to be able to master them to the highest amount.

## 5. References

1. N.K.K. Kamizake, *J. Food Comp. Anal.*, 16 (2003) 507-516.
2. M. F. Abakar, A. H. Yahyaoui, B. P. Justus, L. Crump, P. Lohmann, et al. *Plos. Negl. Trop. Dis.*, 11 (2017): e0005214. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005214>
3. S. Rafiq, N. Huma, I. Pasha, A. Sameen, O. Mukhtar, M. I. Khan, *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 29 (2016) 1022-1028.
4. E. J. DePeters, J. D. Ferguson, *J. Dairy Sci.*, 75 (1992) 3192-3209.
5. D. W. Jonathan, G. W. George, P. Anitra, Z. Steven, S. F. Peter, W. Paul, E. M. Jaap, M. C. Jeffrey, *Int. Dairy J.*, 68 (2017) 46-51.
6. S. Belhamidi, M. Larif, A. Achatei, S. Habziz, N. Zouhri, M. Rafiq, S. Chouni, F. Elhannouni, A. Elmidaoui, *J. Mater. Environ. Sci.*, 6 (2015) 861-868.
7. J. M. Lynch, D. M. Barbano, *J. AOAC Int.*, 82 (1999) 1389-1398.
8. P. Walstra, *J. Dairy Sci.*, 75 (1992) 3228-3230.
9. P. Vanel, P. Weill, J. M. Poilvet, M. Gaillevic, B. Schmitt, *Nutr. Clin. Metab.*, 28 (2014) S76.
10. M. T. Srairi, A. I. Hasni, A. Hamama, B. Fayb, *Rev. Med. Vet.*, 156 (2005) 155-162.
11. R. Ponka, E. Beaucher, E. Fokou, G. Kansci, M. Piot, J. Léonil, F. Gaucheron, *Afr. J. Biotechnol.*, 12 (2013) 6866-6875.
12. H. Li, Y. Ma, Q. Li, J. Wang, J. Cheng, J. Xue, J. Shi, *Int. J. Mol. Sci.*, 12 (2011) 4885-4895.
13. D. Ruska, D. Jonkus, *Proc. Latv. Univ. Agr.*, 32 (2014) 36-40.
14. E. Nistor, V. A. Bampidis, M. Pentea, *Slovak J. Anim. Sci.*, 47 (2014) 132-141.
15. M. Basbassi, A. Hirri, A. Oussama, *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, 2 (2013) 512-517.
16. M. I. Marcondes, D. C. Jácome, A. L. Silva, L. N. Rennó, A. C. S. Pires, *R. Bras. Zootec.*, 43 (2014) 670-676.
17. M. V. Santos, L. F. L. Fonseca, *São Paulo: Editora Manole Ltda.*, (2007) 314.
18. R. F. Veerkamp, B. Beerda, V. T. Lende, *Livest. Prod. Sci.*, 83 (2003) 257-275.
19. O. Martin, D. Sauvant, *Animal.*, 8 (2007) 1143-1166.

**Chapitre VI:**

**Correlation between climate conditions on  
physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**

ISSN: 1811-9506

# B

# R

## *Bioscience Research*

*An international quarterly journal of ISISnet*

- Innovative
- Informative
- Excelling
- Worldwide



Volume: 1 No: 1  
Dec: 2004



AVAILABLE ONLINE FREELY AT [WWW.ISISN.ORG](http://WWW.ISISN.ORG)

## BIOSCIENCE RESEARCH

PRINT ISSN: 1811-9506 ONLINE ISSN: 2218-3973

JOURNAL BY INNOVATIVE SCIENTIFIC INFORMATION & SERVICES NETWORK



### **Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco**

Marouane Chrif<sup>1</sup>, Abderrahim El Hourch<sup>1</sup>, Selma Chouni<sup>2</sup>, Abdelhakim Bouyahya<sup>3</sup> and Abdellah El Abidi<sup>2</sup>

*1 Laboratory of Electrochemistry and Analytical chemistry Faculty of Sciences, University Mohammed V, Avenue Ibn Battouta 1014, Rabat, Morocco.*

*2 Laboratory of Physical Chemistry, Department of Hydrology and Toxicology, National Institute of Hygiene, 27 avenue Ibn Batouta, 10090 Rabat, Morocco.*

*3 Laboratory of human Pathologies Biology, Department of biology, Faculty of sciences, and Genomic Center of Human Pathologies, Faculty of Medicine and Pharmacy, Mohammed V University in Rabat, Morocco.*

\*Corresponding author(s): E-mail: [maro41@hotmail.com](mailto:maro41@hotmail.com)

(Accepted: 02 Dec.2018 Published online: 25 Feb. 2019)

#### **Abstract**

Milk production of dairy bovine in Morocco plays a major role in feeding a growing urban population. For that reason, the aim of this study was to evaluate and characterize the physicochemical properties of milk along with the climate change conditions, in Gharb Chrarda Beni Hssen (GCBH). Moreover, the correlations between bovine milk composition and Mediterranean climate conditions was examined on several milk collection provided from different centers and farms. Indeed, over 53 weeks, all samples were characterized in terms of pH=6.49, acidity 19.58 and 1.034 density in acid. The average of chemical contents showed protein content (TP) 3.05%, fat content (TB) 3.52% and the content of the defatted dry extract (DDE) 9.18%. Correlation coefficients between fat and protein reached +0.7; whereas

between the defatted dry extract and the fat this coefficient reached +0.9 and +0.8 between the defatted dry extract and the proteins chemical composition of milk showed a considerable variability throughout. These variations are mainly due to fat, protein content and the defatted dry extract. Overall, this study showed also a positive correlation between these three components.

**Keywords:** Raw milk, Defatted dry extract, Protein, Fat, Morocco.

## **1. Introduction**

The Gharb Chrarda Beni Hssen region (GCBH) covers an area of 7,990 km<sup>2</sup>, or 1.12% of the Moroccan territory. The GCBH region benefits a Mediterranean climate, characterized by mild, wet winters and hot, dry summers, where average temperatures do not exceed 23 °C (HCP, 2013).

On the other hand, the livestock field provides the region with considerable wealth. Indeed, the region has a large and diversified livestock. Cattle account for 24.5%. Moreover, at the regional level, cattle make up 11.2% of the global national herd. Moreover, the improved breeds make up 80.4% of the cattle in the region compared to the national livestock (58.9%) (HCP, 2013).

Bovine milk is the main dairy product for human consumption, since it is a source of essential nutrients (Lu et al., 2018). Similarly, dairy farming has significant social and economic roles in creating jobs and wealth in the many farms holding cows (Akesbi and Maraveyas, 1997). The quality of milk depends on many factors related to its chemical composition. Indeed, the protein and fat content are two factors that can have effects on the quality of milk. The chemical composition of the milk varies in the course of the year, under the conjugated effect by many physiological, seasonal and food factors (Akesbi and Maraveyas, 1997). Indeed, improving the quality of milk has become a stated objective, and could be taken into account during the payment process of milk (Djemali and Guellouz, 2003). The few published works focused on hygienic quality without taking into account physical and chemical criteria (Sraïri et al., 2004).

The analysis of the characteristics of the milks Would help in identifying the correlation between the chemical components of the milk, particularly, between fat and protein content, the defatted dry extract and proteins. Furthermore, the correlation between defatted dry extract and fat content was measured over the year under seasonal effect in GCBH region of

Morocco. Throughout the study, the breed effect was not preponderant (Agabriel et al., 1991). Hence, the aim of the current investigation was to perform the physicochemical parameters as well as the characterization of protein and fat content and defatted dry extract, of the collected milk provided from different cooperatives farms in GCBH region.

## **2. Material and Methods**

### *2.1 Physicochemical analysis*

Follow-up samples of milk mixture (Cistern) of the GCBH region were characterized by mild, wet winters and hot, dry summers, due to a weekly collection, over different periods, during June 2016 to May 2017. Milk tank was recovered during the collection of milk by the slag to represent the mixed milk of different farms on average (Vanel et al., 2014). A total of 53 samples were taken on the basis of milk production and marketing, regardless of the herd structure, to create a representative sample.

### *2.2 Physico-chemical analysis method*

The mixed milk samples were collected in sterile 0.5 L flasks and stored at 4 °C. They were transferred to the laboratory under a cold regime using a coolbox piled by pocket of ice (Yabrir et al., 2011).

The determination of the temperature was carried out by a thermometer in a vial filled with water which was kept with the samples in the coolbox (Sraïri et al., 2005). Furthermore, the analysis was performed to determine protein content, fat and defatted extract.

To determine the pH of milk, a pH-meter was used. Whereas the Dornic acidity was determined by acid-base titration using Dornic soda (N/9), and the density was measured by using a lacto-densimeter. Besides, the total dry extract was performed by paraboiling samples at 103°C +/- 2°C for 3 hours. Gerber method was used to determine fat content in milk samples, and it consists of an acid-butyrometric attack of milk and sulfuric acid. The separation phase was performed by centrifugation in the presence of isoamyl alcohol of the released fat content (Afnor, 2011) and the protein content is measured by the Kjeldahl method (Lynch and Barbano, 1999; Walstra, 1992).

## **3. Results and discussion**

### *3.1 Physicochemical characteristics of milk*

To evaluate the physicochemical characteristics of milks, several physicochemical parameters of the analyzed milk framed by their extreme values were determined such as pH, acidity and

density (Table 1). As listed in this table, the measured pH upon arrival of raw milk samples in the laboratory was ranged from 6.47 to 6.70 with an average of 6.56. These values were close to the range (6.44 - 6.71) found by Labioui et al. (2009). The variability was related in particular to the climate, the food availability, the state of health of the cows and milking conditions.

Moreover, the value acidity (essential parameter for milk monitoring preservation) varies from 15.9 to 17.5% with an average of 16.79%. Nevertheless, these values of fresh remained stable and were ranged from 15-17.5% (Table 1).

Interestingly, it was noted that the pH variation and acidity were related to temperature variation. Thus, these parameters showed a stability when temperature was stable (Sboui et al., 2009).

On the other hand, the density was measured at 20 °C and reached values between 1.028 and 1.032 with an average value of 1.030. These values are similar to those found by several authors. Indeed, in the study of El-Hamdani et al. (2016), the average value of Moroccan milk density reached 1.031; whereas in United Kingdom, milk density showed an average value of 1.029 (Chen et al., 2014). The standard density of cow's milk should be around 1.030 up to 1.035. This value varies along with the increase of dry matter and conversely, it is related to fat content (Mathieu, 1998).

### *3.2 Chemical composition of milks*

The descriptive characteristics of the chemical parameters (fat, protein and defatted dry weight for raw milk) are summarized in Table 2. The results showed an important change of the chemical composition of milks. These changes of chemical composition were evaluated during one year.

#### **The study of these data leads to the following remarks:**

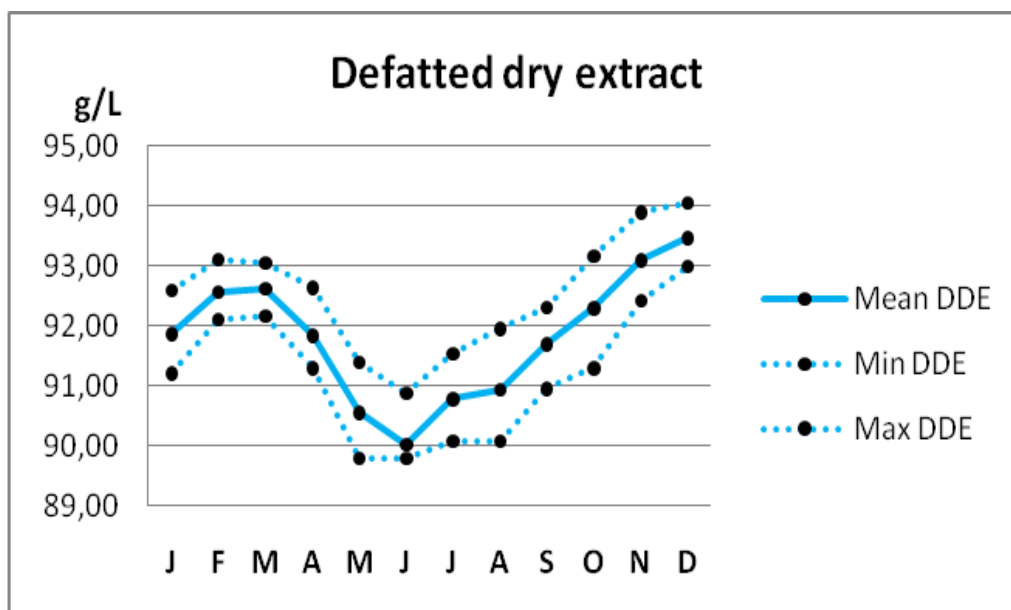
The evolution of the defatted dry extract is summarized in Figure 1. As listed, the milk produced in the period from mid-April to mid-September is considerably richer in defatted dry extract, protein and fat than the milk produced from the period of 23 September to 8 April. The differences are mainly due to diet and weather conditions.

**Table 1:** *Descriptive statistics of physicochemical parameters*

<b>Statistic</b>	<b>pH</b>	<b>Acidity</b>	<b>Density</b>
<b>Nbr. of observations</b>	81	81	81
<b>Minimum</b>	6.470	15.900	1.028
<b>Maximum</b>	6.700	17.500	1.032
<b>1st Quartile</b>	6.508	16.450	1.029
<b>Median</b>	6.540	16.800	1.030
<b>3rd Quartile</b>	6.613	17.200	1.031
<b>Mean</b>	6.556	16.792	1.030
<b>Variance (n-1)</b>	0.005	0.292	0.000
<b>Standard deviation (n-1)</b>	0.069	0.540	0.001
<b>Variation coefficient</b>	0.010	0.031	0.001

**Table 2:** *Descriptive statistic of fat, protein and defatted dry weight for raw milk based on time*

<b>Statistic</b>	<b>TB g/L</b>	<b>TP g/Kg</b>	<b>DDE g/L</b>
<b>Nbr. of observations</b>	81	81	81
<b>Minimum</b>	33.620	28.860	89.470
<b>Maximum</b>	37.590	31.970	94.040
<b>1st Quartile</b>	34.200	29.830	91.020
<b>Median</b>	35.370	30.720	91.840
<b>3rd Quartile</b>	36.230	31.080	92.630
<b>Mean</b>	35.351	30.565	91.835
<b>Variance (n-1)</b>	1.248	0.702	1.179
<b>Standard deviation (n-1)</b>	1.117	0.838	1.086
<b>Variation coefficient</b>	0.031	0.027	0.012



**Figure 1:** Seasonal variation in defatted dry extract from cow milks in the GCBH region

Therefore, according to another study, winter milk contains more dry matter, fat and protein than summer milk (Masson et al., 1978).

Moreover, the coefficients of variation showed a homogeneous trend in the three components, the fat content variations were the highest with 0.31% less than that found by Toral which reached 5% (Toral et al., 2013). Besides, CV of protein reached 0.27% less than that found by Millogo which (1.5–2%) (Millogo et al., 2009) ; whereas CV of the defatted dry extract attained 0.12%, less than 4.02% and 5.65% according to Brasil and Thiago respectively (Brasil et al., 2015; Caralho et al., 2015).

Furthermore, the defatted dry extract is the most stable component compared to the others with an average of 91.83 g/L which is greater than 88.84 g/L and 86.60 g/L reported by Labioui (Labioui et al., 2009) and Brasil (Brasil et al., 2015) respectively.

The fat content of the milk showed the fluctuations of greater amplitude, varying from 33.62 to 37.59 g/L with an average of 35.35 g/L, was in accordance with the AFNOR value (3.04%) (Afnor, 2011). This value remains similar to that found by Labioui 31.45g /L (Labioui et al., 2009). This could be explained by the use of food to modulate strongly and rapidly the composition of fatty acids (AG) milk, especially *via* the intake of lipid supplements in the ration. Variations in the nature and proportions of fodder (and particularly grazed grass) and concentrated foods rich in carbohydrates and proteins play a decisive role for the variations of the AG composition in the milks which have a of great mixture (Chilliard et al., 2010).

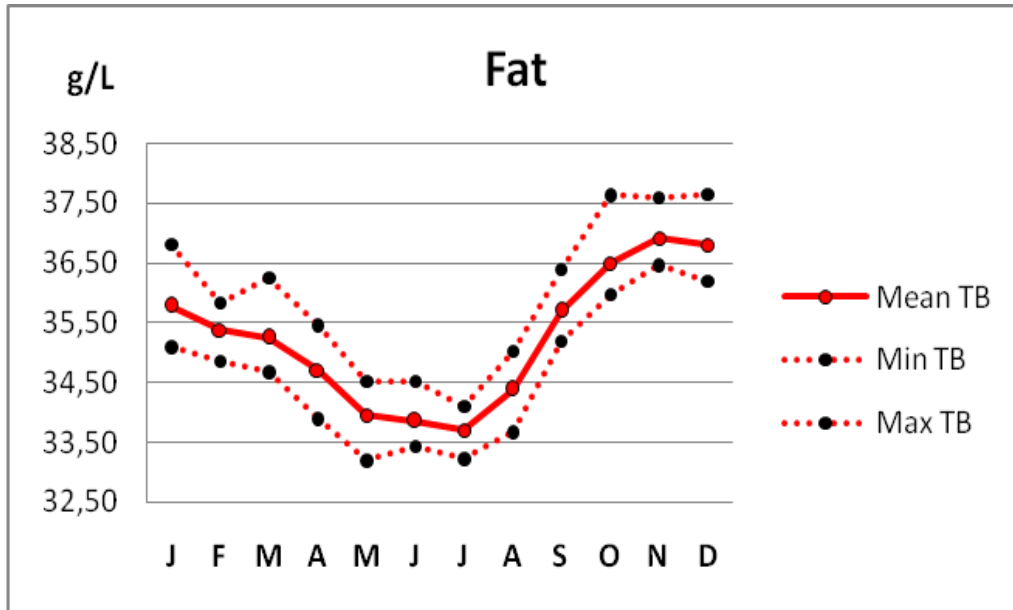
The evolution of protein charges is summarized in Figure 3. As showed, the protein content appeared more stable compared to the fat content of all collected milk (Figure 1). The maximum value reached 31.97 g/kg, while the minimum was 28.86 g/kg, and the average value attained 30.56 g/kg which is inferior than 31.9 g/kg average reported by Sraïri (Sraïri et al., 2005), and superior to the average value of 30.36 g/kg reported by Chrif (Chrif et al., 2018). According to our findings, the seasonal variations in milk proteins were similar to those reported by Chrif (Chrif et al., 2018) in 2015. Therefore, the current results showed certain stability in terms of proteins composition from one year to another in GCBH region of Morocco. The nutritional quality of bovine milk is mainly due to the excessive use of concentrates needed for the livestock.

The effectiveness of the diet is based on the respect of nutritional balances and especially on energy, protein and mineral inputs. The protein intakes are not only expressed in total protein or total nitrogenous matter (MAT) but amino acid (AA) digestible and in particular essential amino acids (IAA), such as lysine, threonine, methionine, cystine, tryptophan...(Peyronnet et al., 2014). Nutrients in the diet could obviously affect milk fat, but not milk protein (Sutton, 1989), which is in agreement with our result.

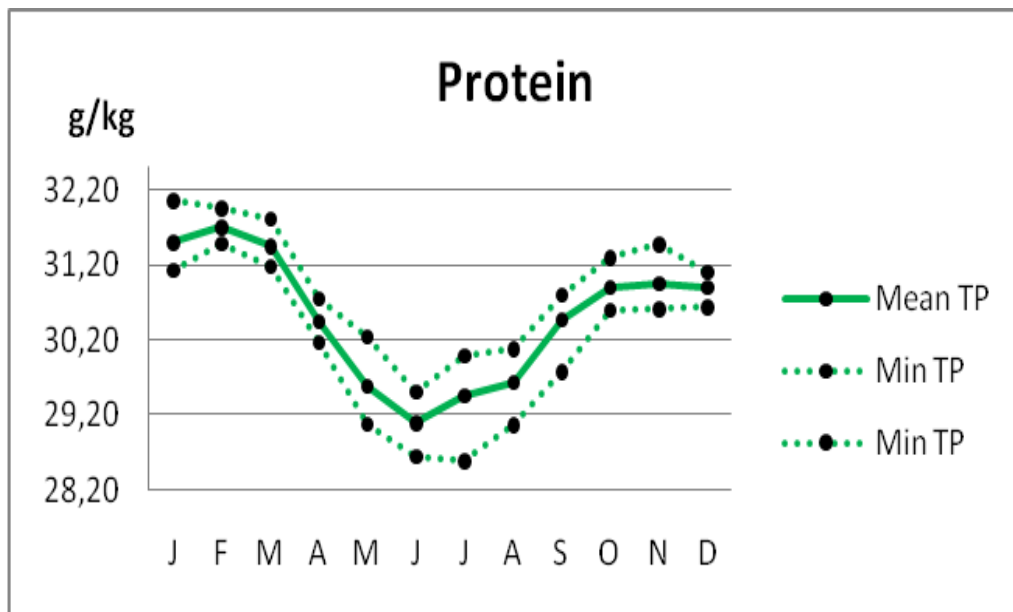
Figure 1, 2 and 3 also show that fat, protein and defatted solids content of milk from the GCBH region undergo variations during lactation : the values were mainly higher at the beginning and at the end of the year (in January, February, March and October, November, December) and the lowest values were recorded in June, July and August. The figures also show that fat content, proteins and defatted dry extracts decreased progressively in the same way in April and then increase significantly in September. Therefore, seasons showed a significant impact on milk properties.

The variation of the milk components could be related to several factors which influence milk quality such as: region, season, diet and nature or the producers: dairy cooperatives and farms (Bassbasi et al., 2013).

Overall, the analyzed mixing milk showed the best quality in terms of protein content, defatted dry extract as well as fat content. Several studies, which were conducted in different regions of Morocco (particularly the irrigated perimeters of GCBH), are in agreement with the current findings. Indeed, these studies showed a relative homogeneity in adopted logics and strategies by breeders of so-called improved cow (crossed type and Holstein cows) (Sraïri, 2004).



**Figure 2:** Seasonal variation of fat in cow milks in the GCBH region



**Figure 3:** Seasonal variation in protein from cow milks in the GCBH region

### 3.3 Correlation between physical and chemical parameter

Significant correlations between the main milk components are summarized in Table 3. As

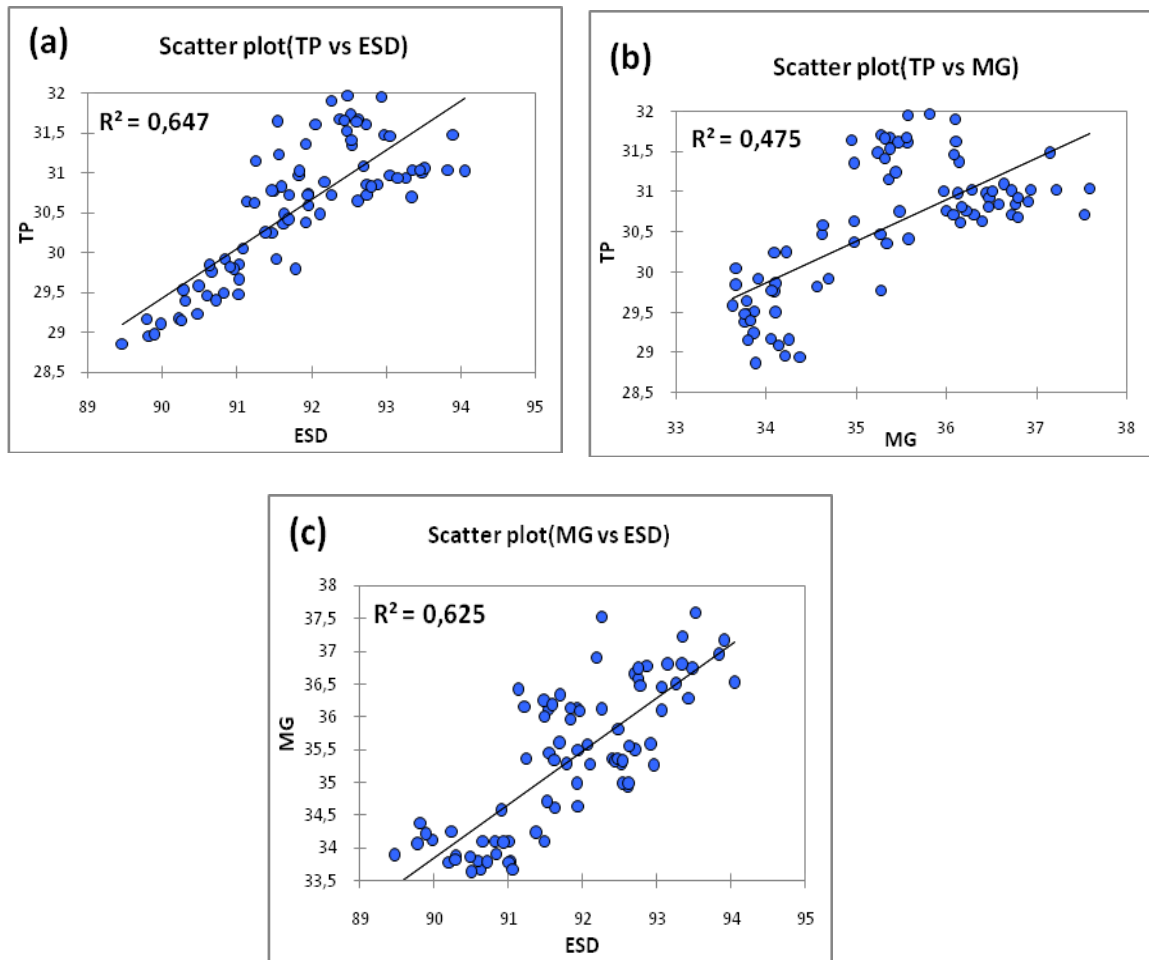
listed, the correlation was detected between the different components of the milk. Proteins were strongly correlated between fat ( $r = 0.690$ ) and defatted dry extract ( $r = 0.805$ ). However, this correlation was weak with density ( $r = 0.360$ ). The correlation of fat and defatted dry extract was also low with density ( $r = 0.100$ ) and ( $r = 0.290$ ) respectively. These results were similar to those found in the Oulmes region of Morocco, Spain and China (protein correlation and defatted dry extract  $r = 0.75$ ,  $r = 0.9$  and  $r = 0.64$  respectively) (El-Hamdani et al., 2016; Vicente et al., 2017; Yang et al., 2013)

**Table 3:** *Correlation coefficients between raw milk composition parameters*

<b>Variables</b>	<b>TB</b>	<b>TP</b>	<b>DDE</b>	<b>Density</b>
<b>TB</b>	1	0.690	0.791	0.100
<b>TP</b>	0.690	1	0.805	0.360
<b>ESD</b>	0.791	0.805	1	0.290
<b>Density</b>	0.100	0.360	0.290	1

In order to study the correlation between the chemical components of the mixing milk of the GCBH region, we performed a model where all values of protein content were presented in function of the defatted dry extract values.

Overall, the correlation coefficient obtained for the TP and DDE of the graph (a) (Figure 4) is significant with a  $R^2 = 0.647$ . On the contrary, results between TP and TB according to the graph (b) are not significant ( $R^2=0.476$ ). Given that the first coefficient is higher than the second, points that belong to the graph (a) are agglomerated much closer to the line. Besides to this graphs (b) and (c), the scatter plot is a little more dispersed and indeed, these components are less correlated with each other than in the previous case.



**Figure 4:** *Linear representation between chemical parameters of the mixing milk*

#### **4. Conclusion**

The mixing milk properties of the GCBH region showed the same tendency of variation under the influence of the season with a better quality. This significant increase in the quality of these components has been achieved thanks to a policy of genetic improvement, with the importation of dairy cattle. Thus, the period plays a very important role in the quality and quantity of the produced milk. Indeed, modifying milk quality by using technical approaches requires more financial support to the farmers in the future.

#### **5. Acknowledgements**

This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

## 6. References

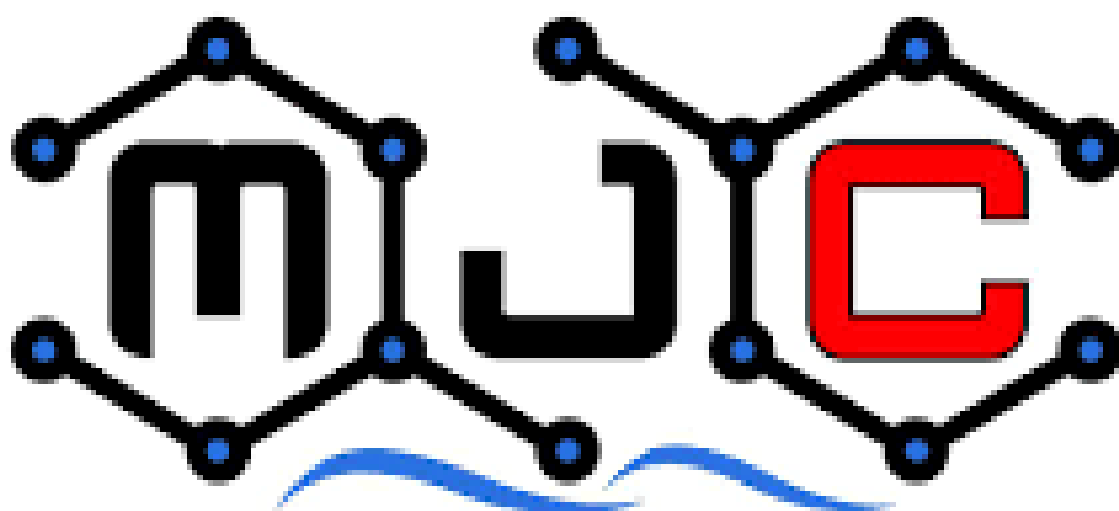
- Afnor. 2011. NF EN ISO 1211 - Milk - Determination of fat content - Gravimetric method (Reference method).
- Agabriel, C., Coulon, J.B., Marty, G. 1991. Facteurs de variations du rapport des teneurs en matières grasses et protéiques du lait de vache : étude dans les exploitations des Alpes du Nord(1). *INRA Prod. Anim.* 4, 141–149.
- Akesbi, N., Maraveyas, N. 1997. La question des prix et des subventions au Maroc face aux mutations de la politique agricole. Prix et subventions : effets sur les agricultures familiales méditerranéennes (études nationales). Montpellier : CIHEAM, (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 11) 81–117.
- Bassbasi, M., Hirri, A., Oussama, A. 2013. Physico-chemical characterization of raw milk in the region of Tadla-Kelaa in Morocco by Application of Exploratory Analysis. *Int. J. Innov. Appli. Stud.* 2, 512–517.
- Brasil, R.B., da Silva, M.A.P., Carvalho, T.S., Cabral, J.F., Garcia, J.C., Nicolau, E.S., Neves, R.B.S., Lage, M.E. 2015. Chemical profile, somatic cell count and milk production of Holstein, Girolando and Jersolando cows. *Afr. J. Agric. Res.* 10, 748–754.
- Carvalho, T.S., da Silva, M.A.P., Cabral, J.F., Brasil, R.B., De Moura, L.C., Giovannini, C.I., Neves, R.B.S. 2015. Effect of recombinant bovine somatotropin application intervals on Girolando cows' milk production and composition. *Afr. J. Biotechnol.* 14, 1114–1121.
- Chen, B., Lewis, M.J., Grandison, A.S. 2014. Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. *Food Chem.* 158, 216–223.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Martin, B., Martin, C., Enjalbert, F., Schmidely, P. 2010. Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour améliorer la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait bovin et caprin. *Cah. Nutr. Diet.* 45, 310–319.
- Chrif, M., El Hourch, A., Chouni, S., Aitbenyouf, S., El Abidi, A. 2018. The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 9, 811–816.
- Djemali, M., Guellouz, M. 2003. Prospects for a Sustainable Dairy Sector in the Mediterranean, EAAP Scientific Series. Wageningen Academic Publishers.

- El-Hamdani, M., Zaaoui, L., El Housni, A., Bendaou, M., Douaik, A., Zouahri, A., Ounine, K., Bouksaim, M. 2016. Seasonal Effect on Bovine Raw Milk Composition of Oulmes Local Race in Morocco. *Food Sci. Qual. Manag.* 52, 49–55.
- HCP (High Commission for Planning). 2013. Monographie régionale de la région du Gharb Chrarda Beni Hssen. URL <https://www.hcp.ma/region-kenitra/attachment/647182/> (accessed 5.24.18).
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., Ouhssine, M. 2009. Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bord.* 148, 7–16.
- Lu, J., Pickova, J., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Langton, M. 2018. Influence of seasonal variation and ultra high temperature processing on lipid profile and fat globule structure of Swedish cow milk. *Food. Chem.* 239, 848–857.
- Lynch, J.M., Barbano, D.M. 1999. Kjeldahl nitrogen analysis as a reference method for protein determination in dairy products. *J. AOAC Int.* 82, 1389–1398.
- Masson, C., Decaen, C., Rousseaux, P., Bouty, J.L. 1978. Variations géographique et saisonnière de la composition du lait destiné à la fabrication de gruyère de Comté (observations préliminaires). *Lait.* 58, 261–273.
- Mathieu, J. 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Lavoisier Tec & Doc.
- Millogo, V., Ouedraogo, G.A., Agenäs, S., Svennersten-Sjaunja, K. 2009. Day-to-day variation in yield, composition and somatic cell count of saleable milk in hand-milked zebu dairy cattle. *Afr. J. Agric. Res.* 4, 151–155.
- Peyronnet, C., Lacampagne, J.P., Le Cadre, P., Pressenda, F. 2014. Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. *OCL.* 21, D402.
- Sboui, A., Khorchani, T., Djegham, M., Belhadj, O. 2009. Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afr. Sci. Rev. Int. Sci. Technol.* 5, 293–304.
- Sraïri, M.T. 2004. Typologie des systèmes d'élevage bovin laitier au Maroc en vue d'une analyse de leurs performances (phdthesis). Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.
- Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A. 2005. Relations entre pratiques d'élevage et

- qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc. *Revue Méd. Vét.* 156, 155–162.
- Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A., Faye, B. 2004. Qualité physico-chimique et contamination par les antibiotiques du lait de mélange en étables intensives au Maroc. Onzièmes rencontres autour des recherches sur les ruminants.
- Toral, P.G., Bernard, L., Chilliard, Y., Glasser, F. 2013. Short communication: Diet-induced variations in milk fatty acid composition have minor effects on the estimated melting point of milk fat in cows, goats, and ewes: Insights from a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96, 1232–1236.
- Vanel, P., Weill, P., Poilvet, J.M., Gaillard, A., Guillevic, M., Schmitt, B. 2014. P016: Certaines pratiques d'élevages en Agriculture Biologique permettent de produire un lait au profil lipidique amélioré sans apport de lin dans l'alimentation. *Nutr. Clin. Métabol.* 28, S76.
- Vicente, F., Santiago, C., Jiménez-Calderón, J.D., Martínez-Fernández, A. 2017. Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. *J. Dairy Res.* 84, 254–263.
- Walstra, P. 1992. Payment of Milk According to Protein Content in The Netherlands. *J. Dairy Sci.* 75, 3228–3229.
- Yabrir, B., Hakem (Ex. Akam), A., Laoun, A., Mati, A. 2011. Caractérisation physico-chimique du lait cru ovin collecté localement en milieu steppique. influence de l'étage bioclimatique.  
[https://www.researchgate.net/publication/323129914\\_caracterisation\\_physicochimique\\_du\\_lait\\_cru\\_ovin\\_collecte\\_localement\\_en\\_milieu\\_steppique\\_influence\\_de\\_l%27etage\\_bioclimatique](https://www.researchgate.net/publication/323129914_caracterisation_physicochimique_du_lait_cru_ovin_collecte_localement_en_milieu_steppique_influence_de_l%27etage_bioclimatique).
- Yang, L., Yang, Q., Yi, M., Pang, Z.H., Xiong, B.H. 2013. Effects of seasonal change and parity on raw milk composition and related indices in Chinese Holstein cows in northern China. *J. Dairy Sci.* 96, 6863–6869.

**Chapitre VII:**

**Changes of Physicochemical composition of Moroccan  
bovine's milk along the years**



Mediterranean Journal of **Chemistry**



## **Changes of Physicochemical composition of Moroccan bovine's milk along the years**

Marouane Chrif<sup>1</sup>, Abderrahim El Hourch<sup>1</sup>, Selma Chouni<sup>2</sup>, Abdelhakim Bouyahya<sup>3</sup> and Abdellah El Abidi<sup>2</sup>

*1 Laboratory of Electrochemistry and Analytical chemistry Faculty of Sciences, University Mohammed V, Avenue Ibn Battouta 1014, Rabat, Morocco.*

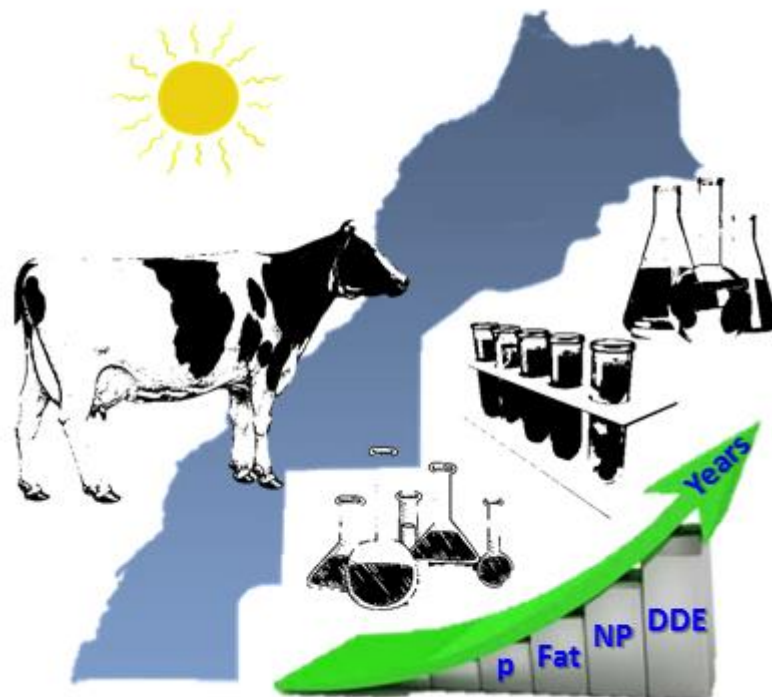
*2 Laboratory of Physical Chemistry, Department of Hydrology and Toxicology, National Institute of Hygiene, 27 avenue Ibn Batouta, 10090 Rabat, Morocco.*

*3 Laboratory of human Pathologies Biology, Department of biology, Faculty of sciences, and Genomic Center of Human Pathologies, Faculty of Medicine and Pharmacy, Mohammed V University in Rabat, Morocco.*

\*Corresponding author(s): E-mail: [maro41@hotmail.com](mailto:maro41@hotmail.com)

(Accepted: July 08, 2019; Published online: July 24, 2019)

**Graphical Abstract**



**Abstract**

Milk production in Morocco has increased in recent years to meet local demand. For this reason, this work was carried out to study the evolution of the main factors of physicochemical variation of fresh mixture milk of the cow harvested in Moroccan farms and cooperatives, by comparing them with the results of research carried out in Morocco during the last century. 52 samples were taken to represent the different periods of the year. The results showed that the physicochemical properties studied were not significantly improved over the years. Thus, the protein content (3.05%) decreased concerning the fat content (3.57%) in recent decades. This change is mainly related to lactation, cow diet and climate change. Overall, these results could help further studies aimed at controlling the physicochemical properties of milk, taking into account the factors mentioned.

**Keywords :** Fat, Protein, Defatted dry extract, Density, Raw milk.

## **1. Introduction**

Cow's milk plays a significant role in the human chain food, and especially in the early stage of child feeding. It is an excellent source of energy for childhood and adulthood that thoroughly covers the need of the other nutrients<sup>1</sup>. Moreover, cow's milk could maintain the balance of the human nutritional needs<sup>2</sup>. In the last decades, the dairy industry in Morocco reached 96% in national milk production with its derivatives. However, this production is mainly affected by climate change and further factors<sup>3</sup>. The livestock milk, which is intended for human consumption, is a mixture product of several milking cows. Recent studies, which were conducted in different Moroccan regions, showed that the quantity and the chemical properties of cow's milk are usually affected by climate constraints. Thus, throughout this study, we focused on physicochemical properties of cow's milk collected from different regions in Morocco. Moreover, each sample was analyzed to define its average content in terms of dry extract, defatted dry extract, fat, density, and protein. The overall analyses are useful to control the quality of milk for the producer on the one hand, and the dairy industry evolution in Morocco.

## **2. Experimental**

Milk samples were collected from Gharb Chrarda Beni Hssen (GCBH) farms region. The collected samples were directly stored in sterile vials, at 4°C in a more relaxed and transferred to the laboratory for further analysis within 5 hours. All samples are representative of the regular operation of the dairy unit. A total number of 52 samples representing the usual operation of the dairy unit were examined at different ranges of time for more significant result regardless of diet and herd structure. Two analyzes per sample were performed to ensure the reliability of the analysis. Milk samples were collected from all cow's ages, and their density was measured by a lactodensimeter.

The fat content was determined by the Gerber acid-butyrometer method, which consists of an attack of milk with sulphuric acid and separation by centrifugation in the presence of isoamyl alcohol of the fat released<sup>4</sup>. The dry matter content was measured after the desiccation process in the oven at 103±2°C<sup>5</sup>. The protein content was measured by the Kjeldahl method<sup>6</sup>.

### 3. Results and discussion

#### 3.1 Physicochemical analysis

The physicochemical characteristics results and the raw cow's milk composition are summarized in Table 1.

The results showed a significant variation in terms of chemical composition of fats, proteins and total solids content.

The density measured at 20°C was ranged between 1.028 and 1.032, with an average value of 1.030. These results are in agreement with those reported by Labioui <sup>7</sup>.

The average fat content varied from 3.45% to 3.81% with an average of 3.57%. This value remains lower than 4.11% and 4.1% reported by Lagneau and Belle, respectively <sup>8</sup>.

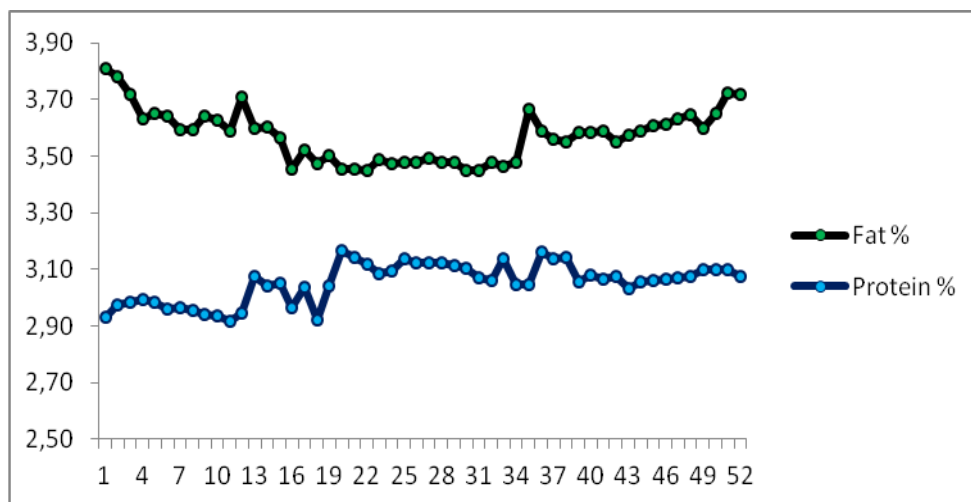
The protein content varied from 2.92% to 3.17% with an average of 3.05%, which is lower than 3.19% and 3.15% reported by Srairi and Bassbasi respectively <sup>9,10</sup>.

**Table 1:** *Descriptive statistics of physicochemical analyzes of raw milk from cows in the GCBH region*

Statistic	Density	Fat (%)	Defatted dry extract (%)	Protein (%)
Number of observations	52	52	52	52
Minimum	1.028	3.451	8.920	2.919
Maximum	1.032	3.810	9.480	3.165
1st Quartile	1.029	3.479	9.120	2.993
Median	1.030	3.587	9.195	3.065
3rd Quartile	1.031	3.631	9.240	3.102
Mean	1.030	3.573	9.183	3.053
Variance (n-1)	0.000	0.008	0.028	0.005
Standard deviation (n-1)	0.001	0.092	0.168	0.069

The variations show a homogeneous trend of all the chemical components studied and the variation of the defatted dry extract is the highest observation dispersion. However, there is no variation in density. This shows that there is no water added to the milk.

The relationship between protein content and fat content is illustrated in Figure 1.



**Figure 1:** *Relationship between protein and fat contents*

According to Figure 1, the protein content decreases comparing to the content fat, which could be explained by the effect of the dietary factor on the fat and protein contents. Moreover, the lowest level of fat content leads to an increase in the protein content and vice versa.

### *3.2 Evolution of Physicochemical properties of Moroccan bovine's milk*

The evolution of milk composition concerning fat, protein content, dry extract, defatted dry content and density through years, since 1916 is showed in Table 2.

**Table 2:** *Evolution of the physicochemical composition of raw cow's milk in Morocco*

Milk from Morocco	Density	Protein (%)	Fat (%)	Defatted dry extract (%)	Dry extract (%)
<u>Lagneau, 1916</u> <sup>8</sup>	1.033	-	4.11	7	13.53
<u>Velu et al., 1934</u> <sup>11</sup>	1.032	-	4.20	7.5	13.80
<u>Belle, 1934</u> <sup>8</sup>	1.032	-	4.10	7.21	13.48
<u>Boujenane and Maty, 1986</u> <sup>12</sup>	-	-	3.71	-	-
<u>Boujenane et al., 2000</u> <sup>13</sup>	-	-	3.65	-	-
<u>Srairi et al., 2005</u> <sup>10</sup>	1.028	3.19	3.70	-	-
<u>Labioui et al., 2009</u> <sup>7</sup>	1.030	-	3.60	-	12.1
<u>Bassbasi et al., 2013</u> <sup>9</sup>	-	3.15	3.76	9.01	-
<u>El Hamdani et al., 2016</u> <sup>14</sup>	1.031	3.18	3.47	8.6	-
<u>Our analysis, 2018</u>	1.030	3.05	3.57	9.18	-

Overall, the quality of milk is always defined by numerous factors such as fat content, density as well as dry extract. These factors are taken into account during the industrial milk production (creams, skimmed milk, concentrated milks...) and especially during the process

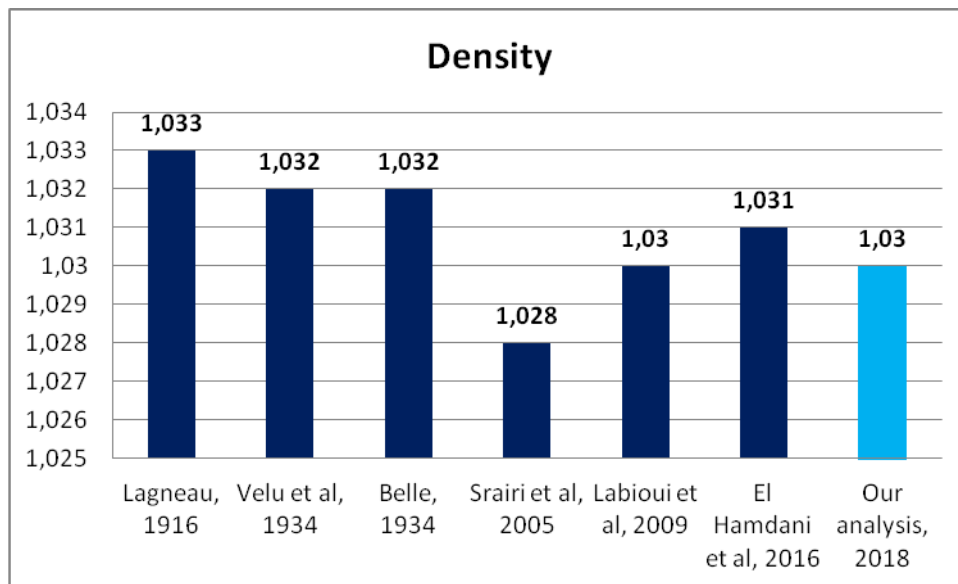
control <sup>15</sup>.

Over the years, a list of criteria was established in order to determine milk prices to the farmer, along with supplementing the product with nitrogenous matter and especially with protein content. These variations of the composition of Moroccan milks over the years could be explained by the influence of various factors such as climate, diet, age, environment, race and producer.

### *3.2.1 Evolution of density*

The density of the milk is not related to the cow's race, but to the diet instead. Therefore, the more the fat content in milk is high, the more its density becomes low, whereas a skim milk is characterized by a high density <sup>16</sup>. Thus, density and fat content are two major fundamental parameters to determine the value of pure milk <sup>17</sup>.

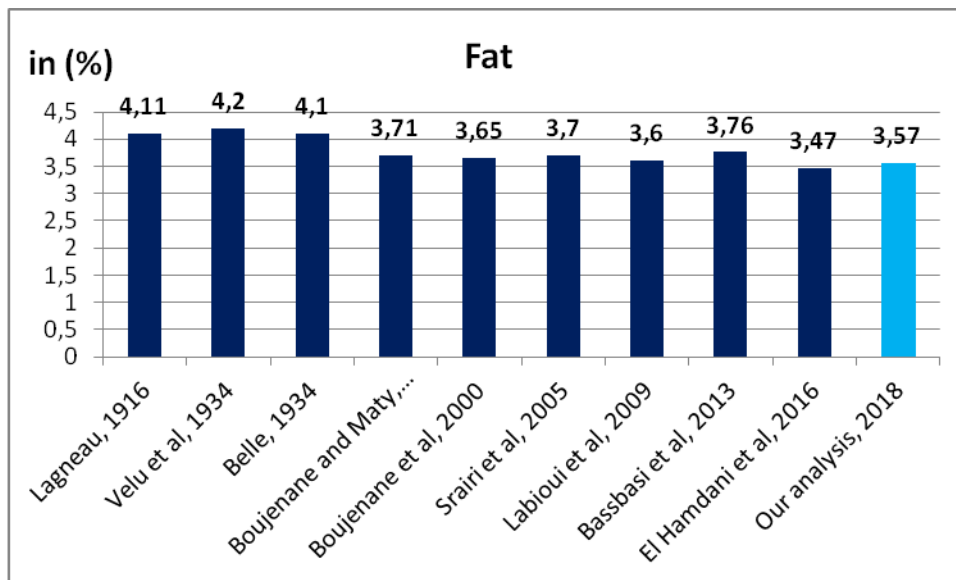
According to the comparison with the recent studies (Figure 2) and the current one in the GCBH region, we found out a slight variation between two densities (1.031 and 1.030 respectively). A high fat milk has a low density whereas a skim milk has a high density <sup>16</sup>. This showed that density and fat remain two fundamental parameters that determine the value of milk <sup>17</sup>. Comparison of our results with those reported in previously studies (Figure 2) on the GCBH region showed a slight variation in densities.



**Figure 2:** *Evolution of the density of raw cow's milk from Morocco*

*3.2.2 Evolution of fat*

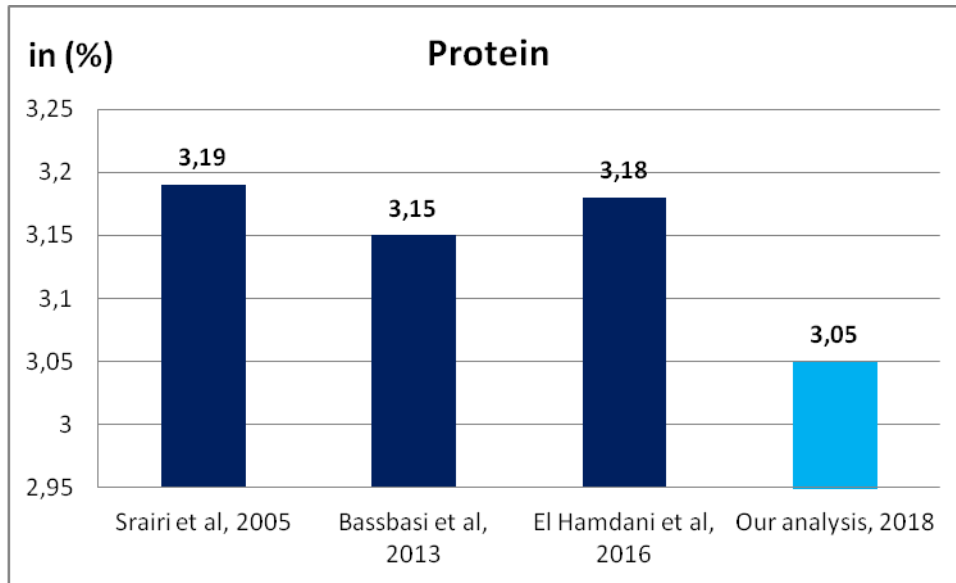
The quality of the milk can be reached when the fat content of the milk is reached. Indeed, this factor is taken into consideration during milk payment process. It is important to emphasize that the Moroccan milk cows composition from 1916 to 1934 did not showed an important variation (Figure 3). However, during this period, the fat content increased slightly from 4.1% to 4.2% in Moroccan cow's milk. Otherwise, the butter production reached the highest level comparing to the milk production due to the average fat content (3.8 up to 4.8%)<sup>18</sup>. In contrast, the proportions of fat content between 1934 and 2018 were an important (4.1% and 3.57% respectively). The fat content percentage depends mainly on food intake and the milking time. Indeed, results showed that the milk obtained during milking at the evening was more abundant in fat comparing to that obtained in the morning<sup>18</sup>. Besides, fat content variation could also depend on other factors such as: lactation stage, climate change and diet.



**Figure 3:** Evolution of the fat of raw cow's milk from Morocco

*3.2.3 Evolution of protein*

The old works were not interested in the protein content in the milk. Indeed, it was not included in many cow's milk research. For many years, milk in Morocco was paid based on its weight and then, it was paid according to its fat content, whereas in many cases this milk was transformed into product, such as cheese, contains basically fats and proteins in a concentrated form. This situation was maintained by the fact that the industries did not carry out a precise daily control concerning the protein content of the milk on hundreds of samples<sup>19</sup>.

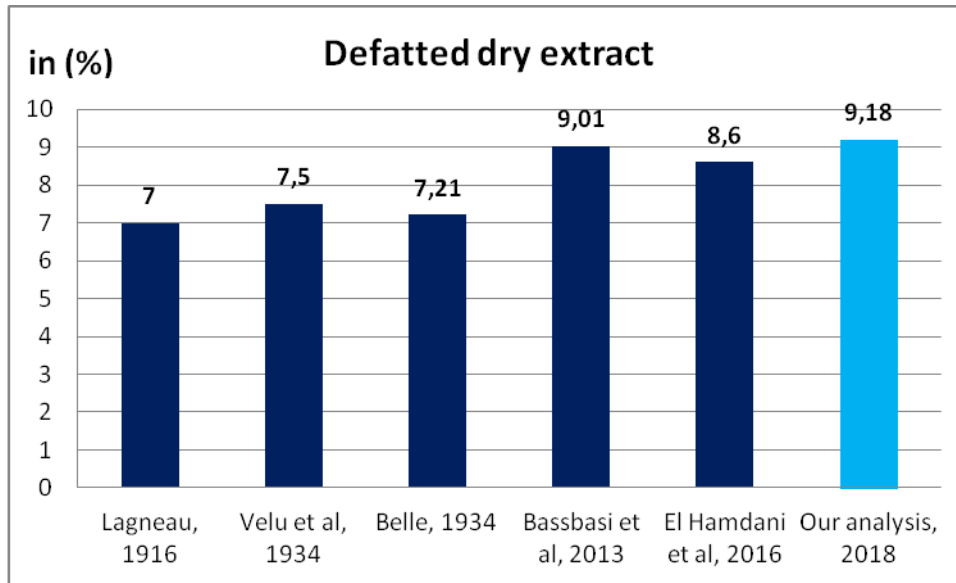


**Figure 4:** *Evolution of the protein of raw cow's milk from Morocco*

The protein content is much more stable than the fat content (Table 1), and this is for all studied cases. This observation is in agreement with the results of the previous studies (Table 2) highest level of concentrates which are considered as a stabilizing factor of protein content<sup>20</sup>. In our study, the average protein content did not reach 3.05%. On the other hand, it did not reach 3.19% for all studies treated (Figure 4). These contents are important and showed the effect of massive and regular inputs of concentrates. Overall, protein content in cow's milk should be improved in further studies, along with reducing fat content and adopting a high protein diet, to ensure the high quality of production in Morocco<sup>21</sup>.

#### *3.2.4 Evolution of defatted dry extract*

Moroccan cow's milk between 1916 and 1934 and that of 2017 showed an important difference in terms of dry extract composition (Figure 5). However, the composition of the milk provided by Moroccan cows between 1916 and 1934, was the highest in dry extract. Therefore, the dry extract variation in cow's milk is extremely related to the fat and protein content variation.



**Figure 5:** *Evolution of the defatted dry extract of raw cow's milk from Morocco*

#### **4. Conclusion**

Our investigation on physical characteristics of raw milk in GCBH region did not show a significant variation of most studied parameters. This could be due to the mixing milk which reduces extremely the importance of individual variations. Overall, in the last decades, chemical composition standards of cow's milk (fat, protein and dry extract content) remain important in the evolution of dairy sector in Morocco. In the future, research will pose great challenges if we try to increase the protein content while reducing the fat content.

## 5. References

1. C. Alais, Science du lait - principes des techniques laitières, Paris, Editions Sepaic. 4e éd, 1984, 814 pages.
2. A. Michel, Wattiaux, Lactation et récolte du lait, UW, Madison, wisconsin. 2000, 3-30, 60-72.
3. A. Benlekhal, La filière laitière au Maroc, 2017. <http://www.agrimaroc.ma/filiere-laitiere-maroc/>.
4. Afnor. NF EN ISO 1211. Milk - Determination of fat content - Gravimetric method (Reference method) – Lait, 2011, <https://www.boutique.afnor.org/standard/nf-en-iso-1211/milk-determination-of-fat-content-gravimetric-method-reference-method/article/787705/fa159772>.
5. M. Chrif, A. El Hourch, S. Chouni, A. Bouyahya and A. El Abidi, Correlation between climate conditions on physicochemical properties of bovine's milk in Morocco, *Bioscience Research*, 2019, 16(1): 388-396.
6. M. Chrif, A. El Hourch, S. Chouni, S. Aitbenyouf, A. El Abidi, The variation of the non-protein nitrogen content by region and season and their impact on the analysis of milk proteins in Morocco, *Journal of Materials and Environmental*, 2018, 9, 811–816.
7. H. Labioui, L. Elmoualdi, A. Benzakour, M. El Yachioui, E. Berny, M. Ouhssine, Etude physicochimique et microbiologique de laits crus (\*), *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 2009, 148, 7–16.
8. G. Belle, Composition des laits au Maroc et alimentation des enfants, *Le Lait*, 1934, 14, 579.
9. M. Bassbasi, A. Hirri, A. Oussama, Physico-chemical characterization of raw milk in the region of Tadla-Kelaa in Morocco by Application of Exploratory Analysis, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2013, 2, 512–517.
10. M. T. Sraïri, I. Hasni Alaoui, A. Hamama, Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc, *Revue de médecine vétérinaire*, 2005, 156, 155–162.
11. H. Velu, G. Zottner & G. Belle, Composition de lait et hygiène de la production laitière au Maroc. *Le Lait*, 1934, 14, 572.

12. I. Boujenane & M. Ba, Performances de reproduction et de production laitière des vaches Pie-Noires au Maroc. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 1986, 39(1), 145-149.
13. I. Boujenane, A. Benlekhal, B. Diamoitou, A. Reboudi, Performances des vaches laitières de race Pie-Noire soumises au contrôle laitier officiel, *L'Espace Vétérinaire*, 2000, 23 : 8-10.
14. M. El-Hamdani, L. Zaaraoui, A. El Housni, M. Bendaou, A. Douaik, A. Zouahri, K. Ounine, M. Bouksaim, Seasonal effect on bovine raw milk composition of Oulmes local race in Morocco, *Food Science and Quality Management*, 2016, 52, 49–55.
15. J. Pien, M. G. Maurice, Relations de densité dans les produits laitiers, *Le Lait*, **1938**, 18, 582–610.
16. K. Mchiouer, S. Bennani, N. S. El-Gendy, M. Meziane, Evaluation of the hygienic quality of raw cow's milk in Oujda city Morocco. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, **2017**, 14(2), 587-591.
17. R. Hnini, L. Ouhida, M. Chigr, et al., Evaluation of the Physical and Chemical Quality of Moroccan Cow Raw Milk in Dairy Herds Located in the Beni Mellal Region, *World Journal of Research and Review*, **2018**, p. 2455-3956.
18. A. Bouisfi, F. Bouisfi, M. Chaoui, Variety of physicochemical characteristics of raw milk in ElGharb region of Morocco: The relation between composition and climatic conditions, *International Journal for Quality Research*, **2018**, 12(4).
19. G. Génin, Le paiement du lait d'après sa teneur en protéines et le dosage de cette dernière, *Le Lait, INRA Editions*, **1961**, 41 (407), pp.413-421.
20. J. B. Coulon, Y. Chilliard, B. Rémond, Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse), *INRA Productions animales*, **1991**, 4, 303–309.
21. R. S. Emery, Feeding for increased milk protein, *Journal of Dairy Science*, **1978**, 61(6), 825-828.

## **Conclusion générale**

Comme nous l'avons vu, au cours de nos études réalisées, la teneur en azote non protéique du lait de mélange varie dans des limites étroites, avec une moyenne de 5,8% sous l'influence de facteurs environnementaux et de la saison. Cela pourrait justifier le fait que lors de l'analyse de l'azote protéique du lait de mélange, l'analyse de la phase non protéique puisse être éliminée afin d'optimiser les coûts liés au contrôle de la qualité physico-chimique.

Ce résultat permettra de réduire le coût et le temps relatifs à la détermination de la matière protéique par la méthode de Kjeldahl, d'augmenter les performances de la main d'œuvre et cerner la source de pertes la plus importante dans l'industrie laitière et de pouvoir la maîtriser au maximum.

D'une part, notre étude sur les composants du lait de mélange de la région GCBH ont montré la même tendance à la variation sous l'influence de la saison avec une meilleure qualité. Cette augmentation significative de la qualité de ces composants a été réalisée grâce à une politique d'amélioration génétique, avec l'importation de bovins laitiers ayant un lait riche.

Ainsi, la période joue un rôle très important dans la qualité et la quantité du lait produit. En effet, il est possible techniquement de modifier la qualité du lait, mais faut-il encore que les agriculteurs se retrouvent financièrement dans la démarche.

Outre, notre étude sur les caractéristiques physiques du lait cru dans la région GCBH n'a pas montré de variation significative des paramètres les plus étudiés (pH, densité). Cela pourrait être dû au mélange de lait, ce qui réduit considérablement l'importance des variations individuelles.

D'autre part, notre étude sur les changements des composantes du lait au cours des dernières décennies, et malgré l'évolution du secteur laitier au Maroc, la composition chimique du lait de vache (teneur en matières grasses, en protéines et en extraits secs) reste en dessous des normes de point de vue qualité.

Les recherches poseront des défis importants si nous essayons d'augmenter la teneur en protéines tout en réduisant la teneur en matières grasses.

Aujourd'hui, le lait est payé en fonction de sa composition physico-chimique et de sa qualité microbiologique. C'est pour cette raison, les industriels ont besoin de développer de nouvelles techniques pour s'adapter aux différentes transformations et variabilité de lait et de chercher à améliorer cette matière première.

Actuellement, les industriels laitiers ont subi les fluctuations de la variation du lait.

Certains facteurs ne peuvent être maîtrisés (tels que la saison, l'âge ou l'état physiologique de la vache), les solutions effectuées pour les laitiers sont d'adapter la technologie à la matière première.

Face à ce problème de fluctuation de cette matière première, tant dans sa composition physico-chimique que biologique, l'industrie laitière a besoin de réaliser un produit à qualité physique, chimique, bactériologique et organoleptique la plus constante possible, et ce quels que soient les saisons, les régions et les années.

Les industries laitières cherchent actuellement à obtenir un lait le plus constant possible par une parfaite standardisation de ses composants soit la matière grasse et la matière protéique grâce au développement de nouvelles technologies et d'autre part de s'adapter aux variations liées à plusieurs facteurs (saison, régions, régime alimentaire, âge, ...).

En parallèle, les éleveurs ont besoin de se détourner des races ayant un lait riche en protéine et en matière grasse.

Le but de cette étude a été de démontrer que le lait, est une source nutritive très importante mais révèle de nombreuses variations sur le plan qualitatif.

D'une manière générale, la rentabilité industrielle et la satisfaction des consommateurs pourra encore s'améliorer grâce aux progrès technologiques, d'innovation et de sécurité.

## Résumé

Ce travail concerne trois études dont l'objectif de la première est d'étudier statistiquement l'effet du facteur origine/saison sur la variation du taux de l'azote non protéique dans la région de Doukkala, Chaouia, Fkih Ben Salh, El-Kelaa, Meknès et Gharb, la deuxième étude consiste à évaluer et caractériser par des analyses physico-chimiques le lait de vache de la région du Gharb Chrarda Beni Hssen et examiner les corrélations entre ses compositions, la troisième étude a été menée pour étudier l'évolution des principaux facteurs de variation physico-chimique du lait frais de vache en les comparant aux résultats des recherches effectuées au Maroc au cours du siècle dernier. Les résultats d'analyses montrent qu'il y a une relation (facteur) entre les deux paramètres azote total et azote non protéique et que l'effet de l'origine du lait et la période n'influence pas d'une manière importante sur l'azote non protéique du lait. La deuxième étude montre que la variabilité de la composition chimique du lait, surtout à celle du taux butyreux, du taux protéique et de l'extrait sec dégraissé, a été considérable d'un mois à l'autre et qu'il existe une corrélation positive entre ces trois composants. Les résultats de la troisième étude montrent aussi que les propriétés physicochimiques étudiées n'étaient pas améliorées de manière significative au fil des ans et que la teneur en protéines (3,05%) a diminué par rapport à la teneur en matières grasses (3,57%) au cours des dernières décennies. Globalement, ces résultats pourraient faciliter la poursuite des études visant à contrôler les propriétés physico-chimiques du lait, en tenant compte des facteurs mentionnés.

**Mots-clés :** Maroc ; Lait cru ; Azote non protéique ; Protéine ; Matière grasse ; Extrait sec dégraissé.

## Abstract

This work concerns three studies whose first objective is to statistically study the effect of the factor origin/season on the variation of the non-protein nitrogen rate in the region of Doukkala, Chaouia, Fkih Ben Salh, El-Kelaa, Meknès and Gharb. The second study consists in evaluating and characterizing the cow's milk of the region of Gharb Chrarda Beni Hssen by physicochemical analyzes and examining the correlations between its compositions. The third study was conducted to study the evolution of the main factors of physicochemical variation of fresh cow's milk by comparing them with the results of research carried out in Morocco during the last century. The analysis results show that there is a relationship (factor) between the two parameters total nitrogen and non-protein nitrogen and that the effect of the origin of the milk and the period does not influence in a significant way on non-protein nitrogen from milk. The second study shows that the variability in the milk's chemical composition, especially that of the fat content, the protein content and the defatted solids, was considerable from one month to the next and that there is a correlation positive between these three components. The results of the third study also show that the physicochemical properties studied were not significantly improved over the years and that the protein content (3.05%) decreased with respect to the fat content (3.57%) in recent decades. Overall, these results could facilitate the continuation of studies aimed at controlling the physicochemical properties of milk, taking into account the factors mentioned.

**Keywords:** Morocco ; Raw milk ; Non-protein nitrogen ; Protein ; Fat ; Defatted dry extract.

Année Universitaire : 2021/2022