



Institut des Sciences  
Vétérinaires- Blida

Université Saad  
Dahlab-Blida 1-



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

**Thème**

**Facteurs de variation majeurs de la composition du lait de la  
vache laitière**

Présenté par

**AFRAOUCENE Imene**

**Devant le jury:**

<b>Présidente</b>	<b>BAAZIZE-AMMI D.</b>	<b>MCA</b>	<b>ISV-Univ-BLIDA 1</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>HEZIL N.</b>	<b>MAA</b>	<b>ISV--Univ-BLIDA 1</b>
<b>Promoteur</b>	<b>GHARBI I.</b>	<b>MCA</b>	<b>ISV--Univ-BLIDA 1</b>

**Année: 2021-2022**

## REMERCEMENTS

*Avant tout, louanges à Dieu, Le tout puissant et Le miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour réaliser et accomplir ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus sincères accompagnés de mon profond respect vont à mon promoteur Dr. Gharbi Ismail pour m'avoir dirigé et encouragé tout au long de ce travail, je le remercie pour sa disponibilité, son aide précieuse, son écoute, ses conseils avisés et pour la confiance qu'il a bien voulu m'accorder et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*A madame la présidente Dr. Ammi-Baazize D. ainsi que l'examinatrice Dr. Hezil N.*

*Pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail, qu'elles trouvent ici l'expression de mon profond respect.*

*C'est avec un réel plaisir que j'adresse ma sincère reconnaissance et ma Profonde gratitude à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour réaliser cette étude.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants de l'ISV BLIDA qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce travail en particulier à Dr. Yahimi AEK, Dr. Mokrani DJ, Dr Joudi M, Dr. Dechicha A, Dr. Khaled H, Dr. Yahia A et et Dr. Saidj D.*

*Merci.*

## DEDICACES

*Je dédie ce mémoire:*

*A mes parents,*

*A celle qui m'a mise au monde, qui n'a jamais cessé de formuler des prières à mon égard et qui a toujours éclairé mon chemin par son amour, sa grande générosité, sa bonté et une constante disponibilité, ma merveilleuse mère Agoun Nora.*

*A celui qui a fourni l'effort pour m'élever à son statut, qui m'a tout donné pour que je puisse réaliser le rêve que lui n'a pas pu réaliser, sans qui je n'aurai jamais pu être là où je suis aujourd'hui, à mon support dans la vie, mon cher père Afraoucene Salim.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, la reconnaissance et le respect que j'ai pour vous.*

*Ceci est le fruit de votre patience et tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation. Je vous aime et j'implore le tout-puissant pour qu'il vous accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*A mon cher frère Mustapha, à tous les moments d'enfance passés avec toi, à tout nos disputes, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté dans la vie. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé, je trouve en toi le conseil du frère et le soutien de l'ami. Puisse nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.*

*A la mémoire de mon oncle Afraoucene Cherif, qui m'a toujours soutenu, encouragé, su me remonter le moral par ses plaisanteries et son attitude sérieuse et douce à la fois, la personne qui me manque le plus au monde, absent dans ma vie mais toujours présent dans mon esprit et mon Coeur. J'aurai tellement aimé que tu sois entre nous aujourd'hui, que je te lise ces mots à haute voix, t'entendre me dire "bravo ma fille" et m'encourager d'avoir choisi ce métier noble comme tu l'avais fait le premier jour, que dieu te garde dans son vaste paradis.*

## DÉDICACES

*A mes grands parents Agoun Amar et Chioub Fedjria,*

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

*A mes oncles: Ali, Abd El Ouahhab, Nadjib, Lamine, Tarek, Abd El Ghani, Yacine, Youcef et Rafik. Ainsi q'à leurs femmes.*

*A mes adorables tantes: Hayat et Nadia.*

*Merci de m'avoir aimé, soutenu, protégé, encouragé comme votre propre fille et être toujours à mes cotés, que ce mémoire vous montre la fierté que chacun de vous a planté en moi par un mot ou un fait Durant ces années.*

*A mes merveilleux cousins et cousines avec qui j'ai partagé les beaux ainsi que les mauvais moments.*

*Que dieu vous donne santé, bonheur et réussite.*

*A mes chères copines: Youssra, Sirine, Aya et Fatma-Zahra.*

*En souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et de prospérité.*

*Enfin à tous mes collègues avec qui j'ai partagé les meilleurs cinq ans de ma vie, les personnes qui m'ont marqué, les meilleures des rencontres et coïncidences:*

*Hayet, Chahinez, Assia, Reyane, Rokaiia, Nissa, Amine et Hani.*

*Que dieu nous garde toujours si proches, nous permette de veiller sur ce lien special qui nous unit, non seulement autant que collègues docteurs mais surtout autant que chers amis et que le meilleur reste à venir.*

## Résumé

Le lait de vache, de par sa composition, est un produit à haute valeur nutritive. La consommation de lait cru, repose, principalement, sur ces qualités physicochimiques. Cependant, plusieurs facteurs peuvent influencer sa composition et ses propriétés physico-chimiques. L'objectif de cette étude est d'établir un état des lieux des caractéristiques physico-chimiques du lait et de leurs variations en vue de déterminer un lait de référence pour une exploitation dans le programme du paiement du lait à la qualité.

Ce document est articulé en deux parties: la première partie est dédiée à une étude bibliographique comportant deux chapitres; Le premier traite les propriétés du lait de vache et sa composition, le second aborde les facteurs de variation de la composition physico-chimique du lait. La deuxième partie est consacrée à une synthèse des travaux réalisés dans différentes régions d'Algérie sur les principaux composants physico-chimiques du lait. Les travaux sélectionnés à partir du net (29), portent sur des mémoires et thèses (ingénieur, master, magister et doctorat) ainsi que des publications et communications (nationales et internationales). Les données ont été rassemblées, classées et synthétisées.

Les résultats ont montré que la teneur moyenne du lait en matière grasse, protéique, lactose et le point de congélation respectivement de  $35,49 \pm 4,98$  g/l,  $31,84 \pm 1,98$  g/l et  $45,93 \pm 3,53$  g/l,  $0,525 \pm 0,023$  °C, sont en dessous des normes recommandées. Par contre, la densité, l'acidité et la teneur en extrait sec dégraissé, respectivement de  $1029,73 \pm 1,21$ ,  $17,44 \pm 1,21$ °D et  $87,19 \pm 3,08$ g/l, sont situés dans la fourchette des normes requises.

A la lumière des résultats obtenus, la qualité physico-chimique du lait de vache en Algérie reste souvent non satisfaisante et inférieure à celle obtenue dans les pays européens.

**Mots clés:** Lait, vache, composition, synthèse, études, Algérie.

## ملخص

حليب البقر بتركيبته منتج ذو قيمة غذائية عالية. يعتمد استهلاك الحليب الخام بشكل أساسي على صفاته الفيزيوكيميائية. ومع ذلك، يمكن أن تؤثر عدة عوامل على تركيبته وعلى هذه الصفات والخصائص. الهدف من هذه الدراسة هو إنشاء جرد للخصائص الفيزيوكيميائية للحليب وإختلافاتها من أجل تحديد الحليب المرجعي للمزرعة في برنامج الدفع مقابل جودة الحليب.

تنقسم هذه الوثيقة إلى جزأين: الجزء الأول مخصص لدراسة بلبوغرافية تتكون من فصلين; يتناول الأول خصائص حليب البقر وتركيبته، ويتناول الثاني عوامل الاختلاف في التركيب الفيزيوكيميائي للحليب. الجزء الثاني مخصص لتوليف العمل المنفذ في مختلف مناطق الجزائر حول المكونات الفيزيوكيميائية الرئيسية للحليب. الأعمال المختارة من شبكة الانترنت (29) تتعلق بالمذكرات والأطروحات (هندسة، ماستر، ماجستير ودكتوراه) بالإضافة إلى المنشورات والاتصالات (الوطنية أو الدولية). تم جمع البيانات وتصنيفها وتحليلها.

أظهرت النتائج أن متوسط محتوى الحليب في الدهون والبروتين واللاكتوز ودرجة التجمد على التوالي  $4.98 \pm 35.49$  جم / لتر،  $1.98 \pm 31.84$  جم / لتر،  $3.53 \pm 45.93$  جم / لتر،  $0.023 \pm 0.525$  درجة مئوية، هي أقل من المعايير الموصى بها. من ناحية أخرى، الكثافة والحموضة ومحتوى المواد الصلبة الخالية من الدهون، على التوالي  $1029.73 \pm 1.21$ ،  $1.21 \pm 17.44$  درجة د و  $3.08 \pm 87.19$  جم / لتر، تقع في نطاق المعايير المطلوبة.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها، غالبًا ما تظل الجودة الفيزيوكيميائية لحليب البقر في الجزائر غير مرضية وأقل من تلك التي تم الحصول عليها في البلدان الأوروبية.

**الكلمات المفتاحية:** حليب، بقرة، تركيب، تحليل، دراسات، الجزائر.

## *Abstract*

Cow's milk, because of its composition, is a product with high nutritional value. The consumption of raw milk is mainly based on its physicochemical qualities. However, several factors can influence its composition and physicochemical properties. The objective of this study is to establish an inventory of the physicochemical characteristics of milk and their variations in order to determine a reference milk for a farm in the program of payment of milk to quality.

This document is articulated in two parts: the first part is dedicated to a bibliographic study with two chapters; The first deals with the properties of cow's milk and its composition, the second addresses the factors of variation of the physicochemical composition of milk. The second part is devoted to a synthesis of work done in different regions of Algeria on the main physicochemical components of milk. The works selected from the net (29), relate to dissertations and theses (engineering, master, magister and doctorate) as well as publications and communications (national or international). The data were collected, classified and synthesized.

The results showed that the average content of milk fat, protein, lactose and the freezing point of  $35.49 \pm 4.98$  g / l,  $31.84 \pm 1.98$  g / l and  $45.93 \pm 3.53$  g / l,  $0.525 \pm 0.023$  ° C, are below the recommended standards. On the other hand, the density, acidity and defatted dry matter content of  $1029.73 \pm 1.21$ ,  $17.44 \pm 1.21$  °D and  $87.19 \pm 3.08$  g/l, respectively, are within the range of required standards.

In light of the results obtained, the physico-chemical quality of cow's milk in Algeria is often unsatisfactory and below that obtained in European countries.

**Keywords:** Milk, cow, composition, synthesis, studies, Algeria.

## Sommaire

Résumé en français.....	I
Résumé en arabe.....	II
Résumé en anglais.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V
Liste des abréviations.....	VI
INTRODUCTION.....	01

### I. PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

#### CHAPITRE I: Les propriétés du lait de vache et sa composition

1. Définition du lait.....	03
2. Les principales propriétés du lait de vache.....	03
2.1 Les propriétés physico-chimiques.....	03
2.1.1 Ph.....	03
2.1.2 Acidité.....	03
2.1.3 Densité.....	04
2.1.4 Masse volumique.....	04
2.1.5 Point de congélation.....	04
2.1.6 Point de l'ébullition.....	05
2.2 Les propriétés organoleptiques.....	05
2.2.1 Aspect .....	05
2.2.2 L'odeur.....	06
2.2.3 La viscosité.....	06
2.2.4 La saveur.....	06
2.3 Les propriétés microbiologiques.....	07
2.3.1 La microflore lactique.....	07
2.3.2 La microflore contaminante.....	07
3. La composition chimique du lait de vache.....	08
3.1 Eau.....	10
3.2 Glucides.....	10
3.3 Matière grasse.....	10
3.4 Matières azotés.....	12
3.5 Minéraux.....	14
3.6 Vitamines.....	14



## CHAPITRE II: Les facteurs de variation de la composition physico-chimique du lait de vache.

1.	Introduction.....	16
2.	Facteurs liés à l'animal.....	16
2.1	Effet génétique.....	16
2.2	Effets physiologiques.....	17
2.2.1.	Age et rang de lactation.....	17
2.2.2.	Stade de lactation.....	19
2.3	Effets sanitaires.....	20
3.	Facteurs liés à l'environnement.....	22
3.1.	Les facteurs liés à la conduite d'élevage.....	22
3.1.1	Tarissement et période de velage.....	22
3.1.2	La traite.....	22
3.2.	Saison.....	23
3.3.	Climat.....	24
3.4.	Les facteurs alimentaires.....	24
3.4.1.	Fourrage et concentré.....	24
3.4.2.	Rapport fourrage/concentré.....	25
3.4.3.	L'apport d'azote et de protéines alimentaires.....	26
3.4.4.	L'apport en énergie.....	26
3.4.5.	L'apport en matières grasses.....	27
3.4.6.	L'apport en autres aliments.....	28

## II. DEUXIÈME PARTIE: Synthèse des travaux réalisés en Algérie sur les principaux composants physico-chimique du lait de vache

1.	Recherche, sélection et évaluation des documents.....	29
2.	Analyse statistique.....	29
3.	Résultats relatifs aux principaux composants physico-chimiques du lait en Algérie.....	30
3.1	Teneur en matière grasse.....	30
3.2	Teneur en matière protéique.....	31
3.3	Densité du lait.....	32
3.4	Teneur en lactose du lait.....	33
3.5	Acidité du lait.....	34

3.6 Teneur en extrait sec dégraissé du lait.....	35
3.7 Point de congélation du lait.....	36
<b>III. CONCLUSION.....</b>	<b>39</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>40</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b>	Les normes de qualité physico-chimique du lait selon différents auteurs....	09
<b>Tableau 2 :</b>	Pourcentages des acides gras composants les triglycérides chez différentes espèces.....	11
<b>Tableau 3 :</b>	Moyennes des races pour les pourcentages de matières grasses du lait, de protéines totales, de protéines vraies et de solides totaux.....	16
<b>Tableau 4 :</b>	Teneur en matière grasse (g/l) du lait de vache selon différentes études....	30
<b>Tableau 5 :</b>	Teneur en matière protéique du lait de vache selon différentes études.....	31
<b>Tableau 6 :</b>	Densité du lait de vache selon différentes études.....	32
<b>Tableau 7 :</b>	Teneur en lactose du lait de vache selon différentes études.....	33
<b>Tableau 8 :</b>	Acidité du lait de vache selon les différentes études.....	34
<b>Tableau 9 :</b>	Teneur en extrait sec dégraissé du lait (g/l) de vache selon différentes études.....	35
<b>Tableau 10 :</b>	Point de congélation du lait de vache selon les différentes études.....	36

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b>	Composition chimique globale du lait (en g par litre de lait).....	09
<b>Figure 2 :</b>	Association entre la teneur en urée (mg/dL) l'efficacité de l'utilisation de l'azote alimentaire et (g/kg) la production des protéines du lait.....	14
<b>Figure 3 :</b>	Evolution de la quantité de matière grasse (QMG) en fonction du numéro de lactation.....	19
<b>Figure 4 :</b>	Teneur en matière grasse du lait en fonction du stade de lactation.....	20

## LISTE DES ABREVIATIONS

**%:** Pourcentage

**°C:** Degré Celsius

**°D:** Degré Dornic

**T:** Température

**µm:** Micromètre

**AC:** Acidité de titration

**AGV:** Acides gras volatiles

**ANP:** Azote non proteique

**CIPC:** Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles

**CP:** Centipoise

**FAO:** Food Agriculture Organisation of the United Nation.

**F/C:** Rapport fourrage concentré

**g/l:** Grammes par litre

**h:** heure

**IGA:** Immunoglobuline A

**IGG:** Immunoglobuline G

**IGM:** Immunoglobuline M

**Kg:** Kilogramme

**MG:** Matière grasse

**ml:** Millilitre.

**MM:** Matière minérale

**MP:** Matière proteique

**MS:** Matière sèche

**MS/J:** Matière sèche par jour

**NDF:** Fibre au detergent neuter

**PDI:** Efficacité d'utilisation des proteines

**PH:** Potentiel hydrogène.

**QMG:** Quantité de matière grasse

**TB:** Taux butyreux

**TMG:** Teneur en matière grasse

**TMP:** Teneur en matière protéique

**TP:** Taux proteique

**TPF:** Taille de particules du fourrage

# **INTRODUCTION**

L'élevage bovin laitier occupe une place importante dans l'économie agricole Algérienne. Il contribue à la couverture des besoins nationaux en protéines animales et à la création d'emploi (Mouffok, 2007).

Le secteur bovin laitier posait problème à plusieurs niveaux et l'objectif d'atteindre l'autosuffisance en lait n'a pas été atteint. En effet, environ 85% de la production laitière nationale est assuré par une population bovine estimée à 1 909 500 têtes (Si Tayeb *et al.*, 2015). Toutefois, la production laitière, ne couvre en moyenne que 35 à 40% des besoins nationaux en lait (Mouffok, 2007, Si Tayeb *et al.*, 2015).

Il est évident que l'écosystème dans lequel évolue l'élevage de bovin laitier en Algérie présente des caractéristiques physiques et climatiques qui varient considérablement d'une région à une autre. Cette diversité des milieux naturels abrite une diversité d'éleveurs dans des systèmes de production variés. Cette situation génère problème une diversité au niveau de la composition physico-chimique du lait.

Une optimisation de la composition du lait est très importante. En effet, le lait, dans de très nombreux pays producteurs laitiers, est payé en fonction de ses composantes: les quantités de gras, de protéines, et de lactose et autres solides du lait. Il y a donc un intérêt à pouvoir faire varier ces derniers pour améliorer le profit des éleveurs. La modulation de la composition du lait des vaches peut être effectuée par des modifications aux rations et par l'amélioration génétique. L'ampleur des variations est plus grande pour la teneur en matières grasses du lait (TMG) que pour les autres composantes (Jenkins et Mc Guire, 2006). La TMG, peut aussi varier en fonction d'autres facteurs comme le nombre de lactations, les jours en lactation, la durée du tarissement, le génotype et le niveau de production (Brun-Lafleur *et al.*, 2010). En revanche, les modifications de la teneur en protéines du lait par des changements dans l'alimentation des vaches sont de plus faible ampleur que pour la TMG (Varga et Ishler, 2007).

Outre son importance économique, la composition du lait peut être utilisée comme un outil de gestion de l'alimentation ou d'évaluation environnementale. En effet, plusieurs études démontrent que l'urée du lait est un indicateur de l'efficacité de l'utilisation de la protéine de la ration et des rejets d'azote dans l'environnement (Nousiainen *et al.*, 2004). Aussi, l'efficacité d'utilisation de l'azote, qui est calculée en partie à partir de la production en protéines du lait,



est un indicateur environnemental qui permet une première évaluation des performances de la ferme par rapport à sa gestion de l'azote.

En Algérie, l'aspect qualité du lait est resté défaillant et plusieurs paramètres d'appréciation de la qualité du lait, ne sont pas encore déterminés à l'échelle nationale. Considérant l'importance que la composition du lait peut avoir sur une ferme laitière, une revue bibliographique sur les principaux facteurs qui en sont des sources de variation dans le contexte de production était nécessaire. C'est dans ce cadre que l'objectif de cette étude est d'établir un état des lieux des caractéristiques physico-chimiques du lait et de ses variations en vue de déterminer un lait de référence pour une exploitation dans le programme du paiement du lait à la qualité.

**I. PREMIERE PARTIE:  
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE I**  
**Les propriétés du lait de vache et sa composition.**

## **1. Définition du lait:**

Liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, a odeur peu marquée, constituant un aliment complet et équilibré sécrété après parturition par les glandes mammaires des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes. C'est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière. Il doit être recueilli proprement et ne contient pas du colostrum (Weisgerber, 2011 ; Larousse, 2020).

Outre sa fonction nourrissante, le lait, en plus de protéger le tractus gastro-intestinal des jeunes non-sevrés contre les pathogènes, les toxines et l'inflammation, contribue à la santé métabolique en régulant les processus d'obtention d'énergie, en particulier le métabolisme du glucose et de l'insuline à température normale corporelle. Cette capacité est l'une des caractéristiques déterminantes des mammifères (Anonyme, 2020).

## **2. Les principales propriétés du lait de vache:**

### **2.1 Les propriétés physico-chimiques :**

Les propriétés physico-chimiques du lait sont plus ou moins stables; elles dépendent de l'ensemble des constitutions. Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (Imran *et al.*, 2008 ; Yennek, 2010).

#### **2.1.1 Le Ph :**

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH compris entre 6,5 et 6,7. Cette légère acidité est due aux anions phosphoriques et citriques ainsi qu'à la caséine. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradé en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium ( $H_3O^+$ ) et donc une diminution du PH (Kouamé-Sina *et al.*, 2010).

#### **2.1.2 Acidité du lait :**

L'acidité de titration (AC) indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose, elle est exprimée en degrés Doronic (°D). Un lait frais a une AC de 16 à 18°D.

Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement. C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle ou apparente, celle qui caractérise le lait frais et est causée par la présence de caséine, de phosphates acides, de citrates, etc., dans le lait; d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers microorganismes. L'acidité titrable du lait stocké est donc égale à la somme de l'acidité naturelle et l'acidité développée (Imran *et al.*, 2008 ; CIPIC lait, 2011).

### **2.1.3 La densité :**

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Imran *et al.*, 2008 ; Vierling, 2008).

### **2.1.4 La masse volumique :**

La masse volumique du lait est définie par le rapport de la masse d'une certaine quantité de lait divisée par son volume. Elle est habituellement notée  $\rho$  et s'exprime en  $\text{Kg.m}^{-3}$  dans le système métrique.

Elle dépend étroitement de la température (T) donc il est nécessaire de la préciser. La masse volumique du lait entier à 20°C est en moyenne de  $1030\text{Kg.m}^{-3}$ . Le lait contient différents éléments dispersés (micro-organismes) globules gras, micelle de caséine qui peuvent être séparés selon leur masse volumique (Pointurier, 2003).

### **2.1.5 Point de congélation :**

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre -0,54 °C et - 0,55°C. Il a été constaté de légères variations normales de - 0.530 à - 0.575°C qui sont dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C. Le lait se congèle à - 0.550°C. C'est la caractéristique la plus constante du lait et sa mesure est utilisée pour déceler

le mouillage. Si le point de congélation est supérieur à  $-0.530^{\circ}\text{C}$  on suspectera une addition d'eau. L'acidification entraîne un abaissement du point de congélation en raison de l'augmentation de la quantité de molécules solubles. Par conséquent, le point de congélation doit être déterminé sur des échantillons non acides pour une plus grande précision. L'ébullition et la stérilisation augmentent la valeur de l'abaissement du point de congélation, mais la pasteurisation n'a aucun effet. Le lait de mammite montre un point de congélation normal (Mahaut *et al.*, 2000 ; Imran *et al.*, 2008).

#### **2.1.6 Point de l'ébullition :**

Il est défini comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la solution ou de la substance est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur à celui de l'eau, soit :  $100,5^{\circ}\text{C}$  (Amiot *et al.*, 2002).

### **2.2 Les propriétés organoleptiques :**

La qualité organoleptique du lait se dégrade au fil du temps, la durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux. Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques typiques qui concernent l'aspect, la couleur, l'odeur, la saveur et la viscosité (Conte, 2008) .

#### **2.2.1 Aspect (couleur) :**

Le lait est de couleur blanc mat, due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait). Dans le lait, deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche. L'intensité de la couleur jaune du lait de vache dépend de divers facteurs tels que la race, les aliments, la taille des globules gras, le pourcentage de matières grasses du lait. Plus, la consommation d'aliments verts est importante, plus la couleur jaune du lait de vache est foncée. Plus, les globules gras sont gros et plus le pourcentage de graisse est élevé, plus l'intensité de la couleur jaune est grande (Imran *et al.*, 2008).

Après la traite, l'invasion des germes producteurs de pigments amène des colorations secondaires qui ne se développent qu'au bout de 3 à 4 jours de conservation. Parmi ces germes on a : *Sarcina aurantica* pour les laits roses, *Micrococcus lutens*, divers *Xanthomonas* et *Pseudomonas* pour les laits jaunes (Veisseyere, 1975).

### **2.2.2 L'odeur :**

Le lait n'a pas d'odeur propre, il s'en charge facilement au contact de récipients mal odorants, mal lavés, du fait de la matière grasse qu'il contient il fixe des odeurs animales. Ces dernières sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette). C'est surtout la matière grasse qui réalise fortement ces fixations (Chetoune, 1982 ; Vierling, 2008).

### **2.2.3 La viscosité :**

Le lait est considérablement plus visqueux que l'eau, car il contient beaucoup de matière grasse en émulsion et des particules colloïdes. Il existe également des contaminations microbiennes qui sont responsable de la viscosité, telle que: *Leuconostoc mesenteroid*.

La viscosité du lait dépend de la température ainsi que de la quantité et de l'état de dispersion principalement de la caséine et la matière grasse. La viscosité du lait entier à 25°C est d'environ 2,0 cP. Des températures plus froides augmentent la viscosité en raison de la voluminosité accrue des micelles de caséine, tandis que des températures supérieures à 65°C augmentent la viscosité en raison de la dénaturation des protéines de lactosérum. Une augmentation ou une diminution du pH du lait entraîne également une augmentation du volume des micelles de caséine (Robert *et al.*, 2012).

### **2.2.4 La saveur :**

La saveur normale d'un bon lait est agréable et est un mélange du goût sucré du lactose et du goût salé des minéraux, tous deux atténués par les protéines. Les phospholipides, les acides gras et la matière grasse du lait contribuent également à la saveur. La saveur du lait est composée de son goût et odeur. Les laits chauffés ont un goût légèrement différent de celui du lait cru dû aux composés sulfhydryles. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est parfois de même du colostrum. Les sources de saveurs

anormales peuvent être: La croissance bactérienne; des aliments pour animaux; la Composition chimique; des changements chimiques; l'ajout de matières étrangères (Imran *et al.*, 2008 ; Yennek, 2010).

### **2.3 Propriétés microbiologiques :**

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de  $10^3$  germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores: microcoques mais aussi streptocoques lactiques (Lactococcus et Lactobacillus). Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées "Lacténines" mais leur action est de très courte durée (Conte, 2008).

#### **2.3.1 Microflore lactique du lait:**

Elle fait partie de la flore normale du lait et se caractérise par son aptitude à fermenter le lactose et donc production d'acide lactique conséquence d'un abaissement du pH. Les bactéries lactiques sont des micro-organismes procaryotes microaérophiles. Parmi les bactéries lactiques ayant comme habitat le lait, il y a:

- Les lactocoques du genre Lactococcus ;
- les lactobacilles et streptocoques thermophiles, qui se développent à des températures élevées ;
- les leuconostoc, qui, en plus de fabriquer de l'acide lactique, produisent aussi des composés aromatiques (éthanol, acide acétique, diacétyl, acétoïne).
- Aerococcus.
- Enterococcus (Conte, 2008 ; Ray, 2021).

#### **2.3.2 Microflore contaminante:**

Le lait est généralement contaminé par une grande variété de microorganismes d'origines diverses. Cette contamination peut provenir de l'animal (intérieur ou extérieur de la mamelle), de l'environnement où se fait la traite (sol, atmosphère, eau...) et du matériel servant à la collecte du lait (machines à traire, filtre, récipients divers) mais aussi de l'homme. Elle est composée de la flore pathogène et de la flore d'altération (Conte, 2008).

##### **a. Flore pathogène :**



Les bactéries pathogènes pour l'homme peuvent être présentes dans le lait cru, ou dans les produits laitiers qui en dérivent. Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont le plus souvent mésophiles. Les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes*. Outre ces quatre bactéries pathogènes classiquement recherchés en contrôle qualité, le lait est susceptible de contenir d'autres micro-organismes potentiellement pathogènes tels que *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium botulinum*, *Shigella sonnei*, *Bacillus cereus*, ou *Aspergillus* (production de mycotoxines) et certaines moisissures (Conte, 2008 ; Hermier *et al.*, 2009).

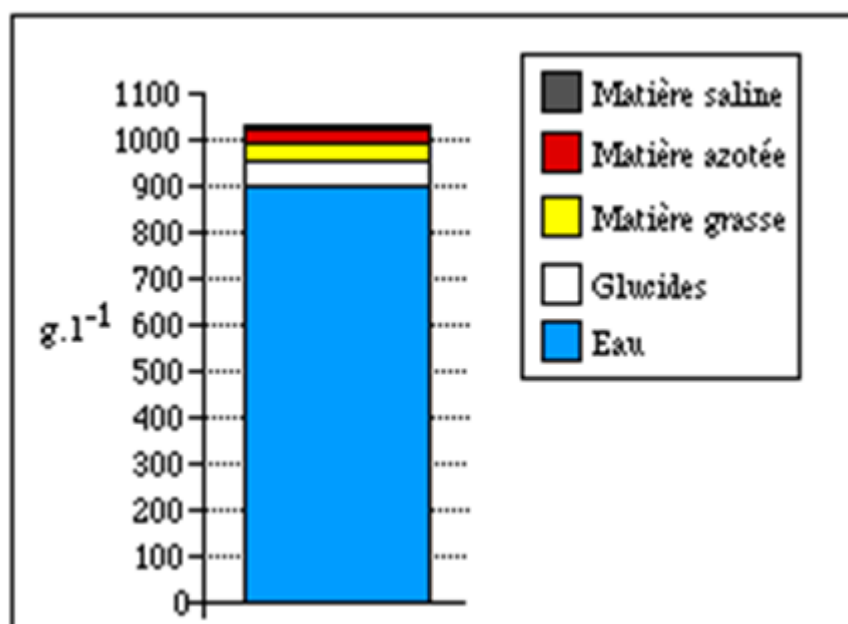
#### **b. Flore d'altération :**

La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la durée de conservation des produits laitiers. Certains microorganismes nuisibles peuvent être pathogènes. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont : *Pseudomonas sp*, *Proteus sp*, les coliformes soit principalement les genres : *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus sp*, *Clostridium sp* et certaines levures et moisissures (Conte, 2008).

### **3. La composition chimique du lait de vache**

Le lait de vache contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique (FAO, 2017) .

D'un point de vue quantitatif, le lait se compose d'éléments majeurs et d'éléments moins abondants, dont beaucoup sont non dosable. Comme composants majeurs: l'eau, la matière grasse, le lactose, les protéines et les matières salines. Et comme éléments mineurs: les vitamines, les oligo-éléments, les gaz dissous, la lécithine, les enzymes et les nucleotides (Benhedane, 2012) (Figure1).



**Figure 1** : Composition chimique globale du lait (en g par litre de lait) (Anonyme, 2017).

La proportion de ces différents composants physico-chimiques du lait est rapportée dans le Tableau 1.

**Tableau 1**: Les normes de qualité physico-chimique du lait selon différents auteurs.

Paramètres	Mathieu (1998)	Michel et al (2000)	Cauty et Perreau (2003)
Lactose	49g/l	48-50 g/l	/
Matières grasses	38g/l	35-45g/l	38 g
Protéines	32g/l	33-36 g/l	> 32g/l
Sels minéraux	8,5-9,5g/l	8-9,5 g/l	/
Matières sèches	130g/l	125-130g/l	/
Extrait sec total	125-130g/	/	/
Extrait sec dégraissés	90-96 g/l	85-90 g/l	/
Ph	6,6-6,8	6,6-6,8	/
Acidité	16-18°D	15-18°D	/
Les cendres	7-8 g/l	/	/
Le point de congélation	-0,54°C à -0,55°C	-0,555°C	Max -0,52°C
La densité	1028-1032	1028-1034	/

### **3.1 Eau**

L'eau est le constituant le plus important du lait. Il représente environ 81 à 87% du volume du lait, soit 900 à 910g par litre selon la race. Il se trouve sous deux formes : libre (96 % de la totalité) et lié à la matière sèche (4 % de la totalité) ( Amiot *et al.*, 2002).

### **3.2 Glucides**

L'hydrate de carbone principal du lait est le lactose, synthétisé dans le pis à partir du glucose et du galactose. Le lactose est le constituant le plus abondant après l'eau, il est en grande partie produit par le foie. Il représente 97 % des glucides du lait des polygastriques et 99% des glucides du lait des monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache (Hanzen, 2010).

L'importance de la production laitière dépend des concentrations sanguines en lactose (lors de la synthèse de lait, l'eau se trouve mélangée au lactose jusqu'à ce que sa concentration devienne égale à environ 5%) et donc en glucose. Celui-ci aura deux destinations essentielles: D'une part sa métabolisation en lactose (chez la vache par exemple, cette transformation vise 50 à 70% du glucose) et d'autre part son utilisation pour la synthèse des acides gras à chaîne courte. Une insuffisance d'apport en lactose ou une lésion de la cellule sécrétoire (mammite) sont de nature à réduire la concentration de lactose du lait. Par ailleurs, celle-ci augmente chez la vache avec le stade de lactation (Hanzen, 2010 ; CUDEC, 2017).

### **3.3 Matière grasse**

La teneur en matières grasses du lait est appelée taux butyreux (TB). Elle est représentée dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%) le reste étant représenté par des phospholipides participant à la structure lipoprotéique de la membrane des globules gras (Jeantet *et al.*, 2008).

Présents en très grand nombre dans le lait, les acides gras se répartissent en acides gras courts (C4-C10), moyens (C12-C16) et longs (>=C18). De même, leur proportion varie selon les espèces (Tableau 2) (Hanzen, 2010).

**Tableau 2:** Pourcentages des acides gras composants les triglycérides chez différentes espèces (Hanzen, 2010).

Acides gras	Homme	Vache	Phoque
Chaîne courte	0	14.8	0
Chaîne moyenne	9.3	11.3	0
Chaîne longue	90.7	73.9	100

Environ 50 % des acides gras sont d'origine sanguine et 50% d'origine mammaire. Cette origine varie cependant en fonction de leur nature. Les acides gras courts proviennent d'une synthèse mammaire à partir d'acétate et d'hydroxybutyrate tandis que les acides gras longs prélevés dans le sang, sont d'origine alimentaire (résorption intestinale sous forme de chylomicrons et de lipoprotéines) ou corporelle (lipolyse dans le tissu adipeux de réserve). Les acides gras moyens sont synthétisés dans la glande mammaire ou sont d'origine alimentaire ou corporelle.

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme (Nayak, 2012) :

- Une très grande variété d'acides gras ;
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- Une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0) ;

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés (Jeantet *et al.*, 2008). Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18 :3). La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acide acétique: formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages « cellulose » et butyrique: formé à partir des glucides rapidement fermentescibles « sucre de betterave »). Une partie de matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (Stoll, 2003).

### **3.4 Matières azotés**

On distingue deux types de matières azotées dans le lait: les protéines à 95% et les matières azotées non protéiques à 5%.

#### **3.4.1 Les protéines laitières :**

La teneur en protéines du lait est une caractéristique essentielle de sa valeur marchande, technologique et biologique (Hanzen, 2010).

##### **a. Les caséines :**

Elles ont une teneur de 27g/L, elles représentent 78 à 80 % des protéines du lait. Constituées d'environ 200 acides aminés, elles se différencient en alpha S1 (38%), alpha S2 (12 %), beta caséine (35%) et kappa caséine (15%) (la gamma caséine correspond en fait à certains segments de la bêta-caséine). Chacune de ces protéines est présente sous plusieurs variantes génétiques. La caséine alpha constitue un puissant chimio-attracteur pour les leucocytes. La gamma-caséine augmente dans le lait lors de mammites. En effet lors d'inflammation, la plasmine passe du sang dans le lait et dégrade la caséine en gamma-caséines. (Gayard, 2007 ; Hanzen, 2010).

##### **b. Les protéines solubles du lactosérum :**

Représentent environ 20% des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Elles se répartissent entre (Blanc, 1982):

###### **b.1 Les albumines :**

- $\beta$ -lactoglobuline : est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. C'est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques
- $\alpha$ -lactalbumine : est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques. C'est une métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globuline (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum.
- Sérumbalbumine : Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique identique au sérum albumine sanguin.

###### **b.2 Les globulines :**

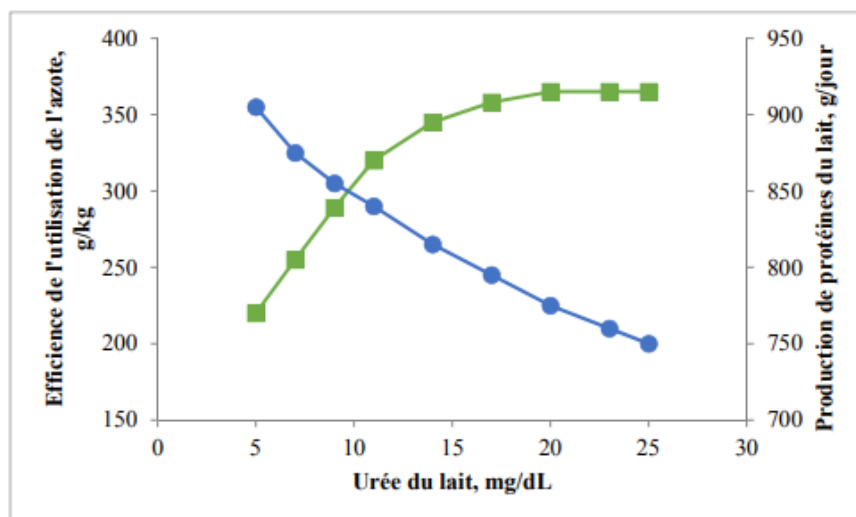
- Immunoglobuline : Ce sont glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines : IGA, IGG, IGM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont des protéines du sérum les plus sensibles à la dénaturation thermique.
- Lactotransferrine : protège le jeune veau contre les infections.

#### b.3 Les enzymes (Schmidt *et al.*, 1988) :

- Lipases : provoquent le rancissement, en particulier dans le lait homogénéisé
- Protéases : catalysent l'hydrolyse des protéines, et de la lactalbumine, de la sérumalbumine bovine, des immunoglobulines et de la lactoferrine.
- Phosphatase alcaline : catalysent l'hydrolyse des phosphates organiques.
- Peroxydase : catalysent la décomposition du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène.
- Lactopéroxydase : peut être activée et elle est utilisée pour la conservation du lait.
- Xanthine.

#### **3.4.2 Azote non protéique (ANP) :**

Elle est essentiellement constituée par l'urée (33 à 79 % de l'azote non protéique du lait) (Figure 2). On y trouve également et par ordre d'importance: les acides aminés, l'acide urique, l'ammoniaque et la créatinine. L'augmentation de la fraction non azotée est principalement due à un excès d'apport alimentaire azoté combiné ou non avec une insuffisance énergétique glucidique. Il y a une corrélation étroite entre la teneur en urée du lait et celle du sang. Cette teneur augmente lors de la mise à l'herbe et est maximale en automne (Hanzen, 2010).



**Figure 2 :** Association entre la teneur en urée (mg/dL) l'efficacité de l'utilisation de l'azote alimentaire et (g/kg) la production des protéines du lait (Nousiainen et al., 2004)

### 3.5 Les minéraux

Les sels de lait sont principalement des chlorures, des phosphates, des citrates de sodium, de calcium, de potassium et de magnésium. Bien que les sels constituent moins de 1 % du lait, ils influencent son taux de coagulation et d'autres propriétés fonctionnelles. Certains sels sont présents dans la vraie solution. L'état physique des autres sels n'est pas entièrement compris. Le calcium, le magnésium, le phosphore et le citrate se répartissent entre les phases soluble et colloïdale. Leurs équilibres sont altérés par le chauffage, le refroidissement et par un changement de pH (Hanzen, 2010).

En plus des principaux sels; le lait contient également des oligo-éléments. Certains éléments proviennent des aliments pour le lait, mais les ustensiles et équipements de traite sont des sources importantes d'éléments tels que le cuivre, le fer, le nickel et le zinc (Schmidt *et al.*, 1988).

### 3.6 Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (Vignola, 2002).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes en association avec la phase aqueuse, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) en association avec la fraction grasse. Les vitamines sont instables et la transformation peut donc réduire la teneur efficace en vitamines du lait (Schmidt *et al.*, 1988 ; Jeantet *et al.*, 2008).



## **CHAPITRE II:**

**Les facteurs de variation de la composition physico-chimique du lait  
de vache.**

## 1. Introduction

La composition chimique de lait et ses caractéristiques technologiques varient selon plusieurs facteurs liés soit à l'animal (espèce, race, âge, stade de lactation, parité) soit au milieu de la conduite de l'élevage (saison, climat, alimentation) (Pugheon, 2001).

La maîtrise de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressante puisqu'elle peut permettre à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques ( Sandra *et al.*, 2001 ; FAO, 2022).

## 2. Facteurs liés à l'animal

Ce sont les facteurs intrinsèques, ils sont d'ordre génétique, physiologique (l'âge au premier vêlage, stade de lactation, état de gestation...) et sanitaire (Yennek, 2010).

### 2.1 Effet génétique :

La performance d'un animal est la résultante de son potentiel génétique (génotype) et des conditions d'élevage dans lesquelles il est entretenu (environnement) (Lazar, 2013).

La limite supérieure de la teneur en différents taux dans le lait de vache (TP et TB) est déterminée par son potentiel génétique. C'est pour cela que l'on parle des races laitières, qui se distinguent par le volume et la composition du lait qu'elles produisent (Coulon *et al.*, 1991). Entre et au sein des races, la matière grasse varie le plus et le lactose le moins suivi de la protéine totale et de la caséine, c'est le constituant le plus constant du lait, avec une moyenne de 4,6 % (Linn, 1988) (Tableau 3).

**Tableau 3** : Moyennes des races pour les pourcentages de matières grasses du lait, de protéines totales, de protéines vraies et de solides totaux (Looper, 2012).

Races	Matières grasses (%)	Protéines totales (%)	Vrai protéines (%)	Solides totaux (%)
Ayrshire	3.88	3.31	3.12	12.69
Brune	3.98	3.52	3.33	12.64
Jersiaise	4.64	3.73	3.54	14.04
Guernesey	4.46	3.47	3.28	13.76
Holstein	3.64	3.16	2.97	12.24
Shorthorn	3.59	3.26	3.07	12.46

Ce sont les Frisonnes qui produisent le plus grand volume de lait; en moyenne 7890 kg par vêlage mais c'est chez les vaches les moins productives que l'on trouve le lait le plus riche en corps gras (5%). Il a été observé des écarts importants entre les races. Ainsi, les laits des vaches de race Montbéliarde possèdent la particularité d'avoir un taux protéique élevé et un faible taux butyreux, tandis que les laits produits par les vaches des races Holstein sont relativement plus dilués (Boudjenane et Aissa, 2008).

La race Normande produisant moins de lait que la Pie Noire (- 4kg/j), mais ayant des taux protéiques (+ 2 à + 2,5 %), butyreux (+ 2 à + 3 %) et calciques (+ 0,1 %) nettement plus élevés, des micelles de caséine plus petites (Froc *et al.*, 1988). Les taux de calcium (Ca) et de phosphore (P) du lait sont des caractéristiques fortement héréditaires et bien corrélées avec le taux de caséines. Le lait des races Jersiaise et Guernesey est plus riche en Ca et P, d'environ 20 à 25%, et plus pauvre en K, Na et Cl que le lait des races Frisonne, Pie Noir et Holstein, alors qu'ils sont plus élevés chez la Normande que chez la vache Frisonne ou Pie Rouge de l'Est (Linn, 1988 ; Yennek, 2010.)

## **2.2 Effets physiologiques :**

### **2.2.1 Age et le rang de lactation :**

L'âge des animaux influe sur l'aptitude laitière, la production lactée atteint son maximum qu'au bout de plusieurs lactations. La production laitière totale croît d'une lactation à l'autre jusqu'à la 6ème lactation. Une légère élévation est enregistrée au niveau de la quantité totale du lait entre la 5ème et la 6ème lactation et plus, ce qui dévoile une tendance de diminution à partir de la 6ème lactation et plus (Houchati *et al.*, 2016).

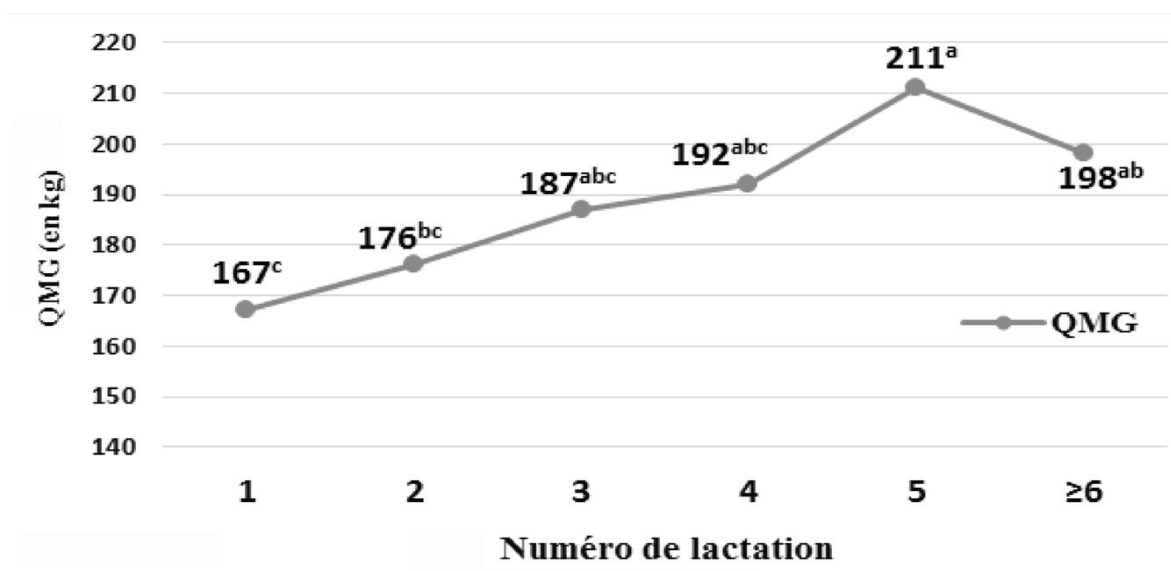
Les multipares ont des performances différentes des primipares (L1). Les vaches en deuxième lactation (L2) produisent, selon la race, jusqu'à 2,3 kg de lait, 0,6 g/kg de TB et 0,8 g/kg de TP de plus que les L1. Les écarts de performances entre multipares de rangs différents sont plus faibles (Legarto *et al.*, 2014). Le numéro de lactation a un effet sur la composition du lait. Les vaches en 4ème lactation ont produit un lait plus riche en matières grasses et en protéines que celles en 6ème lactation (Matallah *et al.*, 2015).

#### **a. Protéine :**

Le pourcentage de protéines du lait diminue chez les vaches de plus de 3 ans, avec une baisse de 0,4 unité de pourcentage signalée sur cinq lactations. Ce déclin semble concerner principalement la fraction caséine (Les alpha-caséines augmentent avec l'âge alors que les beta-caséines diminuent et que les kappas restent constantes en fonction de la parité). Les raisons suggérées pour le changement sont la détérioration des tissus du pis et l'augmentation de l'incidence de la mammite. On note également l'augmentation des immunoglobulines avec l'âge alors que la bêta-lactoglobuline et l'alpha-lactalbumine diminuent et que l'albumine sérique tend à augmenter. Ces variations ont été imputées au taux de cellules somatiques (Linn, 1988 ; Hanzen,2010.)

#### **b. Matière grasse :**

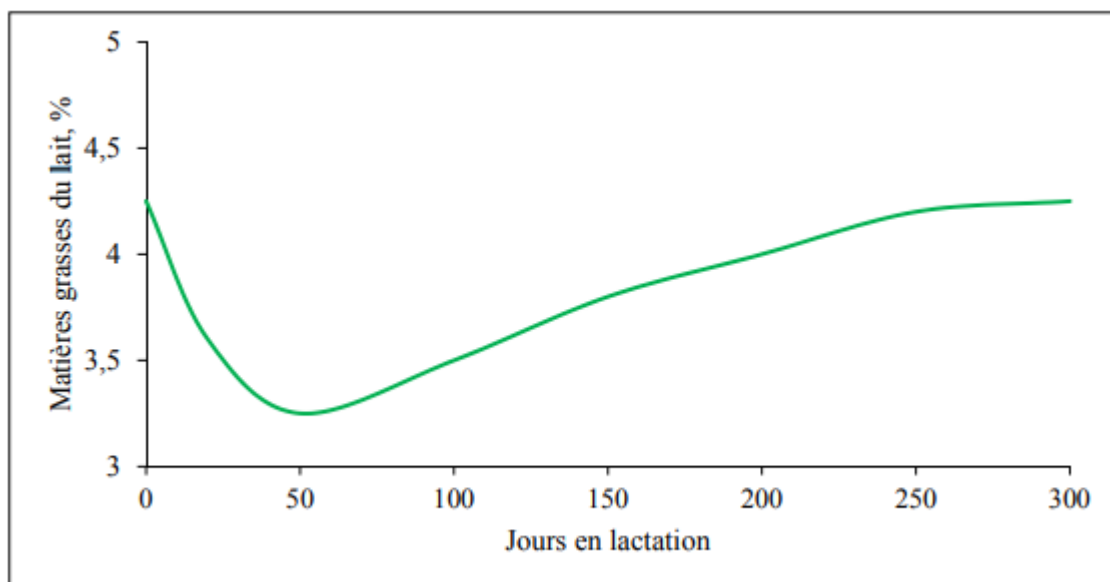
Le taux butyrique augmente avec l'âge de l'animal. La quantité de matière grasse augmente progressivement jusqu'à un maximum de 211 kg à la 5ème lactation puis une diminution dès la 6ème lactation (Figure 3) (Talbi et El Madidi, 2015). D'autres auteurs ont mentionné que la matière grasse connaît une augmentation nette jusqu'à un maximum à la 3ème lactation puis une diminution progressive avec les lactations subséquentes (Looper *et al.*, 2001 ). Une étude éthiopienne révèle une augmentation légère et progressive de la quantité de matière grasse de la 2ème lactation jusqu'à la 4ème lactation sans différences significatives entre les performances à la 2ème, 3ème et 4ème parité. Puis une diminution est notée au cours de la 5ème et la 6ème lactation. La quantité de matière grasse augmente de nouveau à la 7ème lactation (Nyamushamba *et al.*, 2014).



**Figure 3:** Evolution de la quantité de matière grasse (QMG) en fonction du numéro de lactation (Talbi et El Madidi, 2015).

### 2.2.2 Le stade de lactation :

Les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse avec la quantité de lait produite, des auteurs rapportent que les teneurs en TP et TB sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant le 2eme mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours, et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de la lactation (Figure 4). Cette augmentation est due à l'avancement du stade de gestation, qui diminue la persistance de la production laitière. Pour les deux taux, les écarts entre les mois extrêmes atteignent 7 g/kg. Par ailleurs, la part des acides gras à chaîne courte et moyenne augmente suite à la mobilisation des graisses corporelles tandis que celle des acides gras à chaîne longue diminue pendant la première moitié de la lactation (Yennek, 2010).



**Figure 4:** Teneur en matière grasse du lait en fonction du stade de lactation (Shutz *et al.*, 1990).

La composition du lait en minéraux varie avec les stades de lactation, après une diminution brutale pendant les premiers jours suivant le vêlage, les teneurs en Ca et P du lait diminuent légèrement jusqu'à mi lactation, puis restent stables et augmentent à nouveau en fin de lactation. Les écarts extrêmes ne dépassent pas 15% (Lazar, 2013).

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques que ceux des animaux âgés c'est-à-dire une augmentation du taux leucocytaire, l'apparition d'un gout de rance, une augmentation du taux de protéines solubles, une diminution des caséines et augmentation de la teneur en chlorures (gout sale). La densité évolue de manière inversement proportionnelle à celle du TB, car le lait le plus dense correspond à celui du premier stade de lactation et le moins dense est obtenu au dernier stade de lactation où le TB est le plus élevé (Martinet et Houdebine, 1993 ; Looper *et al.*, 2001 ; Hanzen, 2010.)

### 2.3 Effets sanitaires :

La hiérarchie des fréquences de pathologies rencontrées dans les élevages laitiers et qui sont à l'origine de baisse importante de la production, sont (Yennek, 2010):

- Les mammites cliniques (31,7% des lactations atteintes) ;
- La pathologie podale (25,6%) ;
- Les troubles digestifs (12,3%) ;
- La rétention placentaire (9,6%).

Les troubles sanitaires ont tendance à augmenter avec le rang de lactation (à l'exception notable des difficultés de vêlage). Le début de la lactation est la période de la plus grande sensibilité (Lazar, 2013).

### **2.3.1 Les mammites :**

A l'issue de nombreuses observations effectuées sur les laits mammites, une baisse de la quantité de matière grasse (de 5 à 9%) est constatée. Il est constaté aussi une diminution des éléments produits par les cellules de l'épithélium sécrétoire (matière grasse, caséine, lactose) et une augmentation des éléments provenant du flux sanguin par augmentation de la perméabilité des tissus malades (sels minéraux, protéines solubles, cellules) (Yennek, 2010). Le type de pathogène impliqué dans la mammité peut avoir une influence sur la variation de la teneur des composants du lait (Le Maréchal *et al.*, 2011).

- ***Effets des mammites sur les taux protéiques :***

Il a été observé une baisse de la teneur en caséine (surtout les caséines alpha et bêta) et une augmentation de la teneur en protéines solubles en fonction de leur origine : les protéines synthétisées localement (b lactoglobuline et l' $\alpha$  lactalbumine) diminuent tandis que celles provenant du sang (Immunoglobuline G, sérumalbumine, transferrine et lactoferrine) augmentent (Sandra *et al.*, 2001).

- ***Effets des mammites sur les taux butyriques :***

La composition de la matière grasse est également modifiée : Il a été observé une augmentation des acides gras libres et notamment des acides gras à chaînes longues et une baisse des phospholipides (Sandra *et al.*, 2001).

- ***Effets sur les autres constituants :***

Le lactose est le composant du lait dont le taux, en cas de lait de mammité, est le plus affecté. Ce phénomène est dû à la moindre capacité d'élaboration de la glande et de la présence d'un taux inférieur à la normale d' $\alpha$  lactalbumine (un facteur enzymatique, en partie responsable de la synthèse du lactose).

La teneur minérale du lait évolue vers celle du sérum sanguin; on constate, outre l'élévation du chlore et du sodium, une diminution du taux de potassium, du taux de calcium, de phosphore et du taux de citrate. On trouve dans le lait de mammité, de très nombreuses enzymes

d'origines diverses généralement absentes de la composition normale du lait et notamment des lipases et des protéases qui peuvent jouer un rôle dans la stabilité des produits laitiers: leurs qualités organoleptiques peuvent être altérées (Sandra *et al.*, 2001 ; Lazar, 2013.)

### **3. Les facteurs liés à l'environnement**

L'environnement dans lequel vit un animal est défini comme étant une combinaison de tous les facteurs qui influencent l'expression d'un caractère donné. Les variations interviennent au niveau individuel mais aussi à l'échelle du lait de mélange. Les facteurs liés à l'environnement sont:

1. Facteurs liés à la conduite (gestion) d'élevage : tarissement, période de vêlage, traite.
2. La saison ;
3. Le climat ;
4. Les facteurs alimentaires (Laure *et al.*, 2007).

#### **3.1 Les facteurs liés à la conduite d'élevage :**

##### **3.1.1 Tarissement et période de vêlage :**

Dans la conduite classique d'élevage, les vaches laitières sont tariées 6 à 8 semaines avant la date prévue de leur vêlage. Cette interruption de la lactation permet de terminer la reconstitution de leur réserve corporelle et assure le repos mammaire. La réduction ou la suppression de cette phase de tarissement peut avoir des conséquences sur l'évolution de la production et de la composition du lait avant et après le vêlage. Très peu d'études ont été réalisées sur l'évolution de la composition du lait au cours des semaines qui entourent le vêlage en l'absence totale de tarissement. On observe une augmentation, de plus en plus importante, de la teneur du lait en protéines et en matières grasses en fin de gestation alors que la quantité de lait produite ne cesse de diminuer. La proportion de caséines dans les protéines totales est plus faible, même au cours de la semaine qui précède le vêlage (Coulon *et al.*, 1991).

##### **3.1.2 La traite :**

Les sujets énergiquement stimulés (lavés) donnent 18 % de plus en matière grasse, 20 % de plus en lait et 15,7 % de plus en matière azotée que les sujets non stimulés. Le nombre de traites par jour, la variation de leur intervalle, et l'interruption de sa routine peuvent influencer la production et la qualité du lait (Lollivier *et al.*, 2002). Le lait au début de la traite, provient des



citernes. Ce dernier est de 2,5 à 5 fois moins riche en MG que le lait de la fin de la traite, qui correspond au sécrétion provenant des alvéoles (Rulquin *et al.*, 2007.).

Les taux de protéines et de lactose varient très peu au cours de la traite. Le taux butyreux est d'autant plus élevé à la traite du soir par rapport à celle du matin. Le taux protéique est cependant un peu plus élevé le soir que le matin (Kaouche et Mati 2017). Le taux de MG, de MP, de lactose, de MS et de MM est sensiblement plus élevé pour les traites du soir que celles du matin (Sissao *et al.*, 2017).

La traite de trois fois en deux jours en début de la lactation, chez les primipares, diminue la quantité de lait sécrétée de 3,4 kg/jour (16 %), augmente les teneurs du lait en matières grasses (5,0 g/kg) et en protéines (2,2 g/kg), et diminue la teneur en lactose (1,5 g/kg). Chez les multipares, les modifications sont de - 0,7 kg lait, + 0,9 g matières grasses et + 0,6 g de protéines/kg mais elles ne sont pas significatives (Yennek, 2010 ; Lazar, 2013). Une autre étude a montré que le TP du lait était plus élevé quand les vaches étaient traites deux fois plutôt que trois fois par jour en début, en milieu et en fin de lactation (Klei *et al.*, 1997).

### **3.2 Saison :**

La saison agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. Une durée d'éclairement expérimentale longue (15 à 16 h par jour), augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matières utiles. Ces accroissements de production laitière sont associés à une augmentation des quantités ingérées (de l'ordre de 1 à 1,5 kg MS/j), à la modification des équilibres hormonaux qui peut entraîner une dilution des matières secrétées et donc une diminution des taux butyreux et protéiques (Coulon *et al.*, 1991).

La teneur en matières grasses passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage (Matallah *et al.*, 2015). Les pourcentages de gras et de protéines dans le lait sont plus élevés pendant l'hiver que pendant l'été (Varga et Ishler, 2007). Pour l'urée du lait, sa concentration est plus élevée pendant l'été et plus faible pendant les mois d'automne, d'hiver et de printemps (Rajala-Schultz et Saville, 2003). Cette variation est liée à la fois aux types d'aliments disponibles et aux conditions climatiques. Les pâturages printaniers luxuriants pauvres en fibres diminuent la matière grasse du lait (Coulon *et al.*, 1991).

### **3.3 Climat :**

La température, les radiations solaires, l'humidité relative, le vent, sont les facteurs climatiques qui agissent par leurs interactions considérables sur les performances de l'élevage. L'augmentation de la température ambiante (lorsqu'elle se maintient dans la zone de confort thermique des vaches) pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait, qui s'ajouterait à l'effet de la photopériode (Agabriel *et al.*, 1993).

La température ne semble pas avoir d'effet direct sur la production et la composition du lait dans la gamme (0 et 25°C) (Kaouche et Mati, 2017). Le lait de vache des pays tempérés produit en milieu chaud contient moins de matières grasses, de matières azotées et de lactose. A des températures de 20 à 30 °C, la production laitière diminue respectivement de 5% et 25% (Yennek, 2010). Un animal exposé au froid règle sa thermorésistance en consommant davantage d'aliment disponible, sinon, il utilise les nutriments au détriment de la production de lait, voire en épuisant dans ses réserves corporelles, de ce fait, la production laitière diminue avec la diminution de la température tandis que les taux butyreux et protéiques augmentent (Yennek, 2010 ; Lazar, 2013.)

### **3.4 Les facteurs alimentaires :**

Les facteurs alimentaires jouent un rôle prédominant, Contrairement à la plupart des autres facteurs, ils agissent à court terme et peuvent faire varier les taux butyreux et protéique de manière indépendante (Martin et Coulon, 1995).

La production ainsi que la composition chimique du lait peuvent varier selon la nature d'aliment (fourrage ou concentré), son aspect physique, le rapport fourrage/ concentré, son niveau d'apport en azote, en énergie : sucres, amidon et lipide (Yennek, 2010).

#### **3.4.1 Fourrage (fibres) et concentrés :**

Les fibres sont considérées comme des glucides. La structure physique de la fibre fait référence à la taille de particules du fourrage (TPF) de la ration. Une ration est considérée à risque de la diminution de la TMG (teneur en matière grasse) du lait lorsque sa taille de particules est inférieure à environ 3-4 mm (Sauvant et Peyraud, 2010).

Des rations avec une haute teneur en NDF (fibre au détergent neutre) sont associées à une augmentation des taux de production de l'acétate et du butyrate par rapport au propionate. Cette modification au profil en AGV mène à une augmentation de la TMG du lait (Walker *et al.*, 2004).

Un des facteurs de variation couramment avancés pour expliquer les variations du taux butyreux du lait est la proportion de concentré dans la ration. En effet, l'apport de concentré au pâturage entraîne une baisse du taux butyreux et une augmentation du taux protéique du lait de - 0,30 g/Kg et + 0,24 g/Kg respectivement pour chaque kg de MS de concentré consommé. Une part importante du concentré dans la ration (en moyenne 55 % de la matière sèche ingérée) se traduit des taux butyreux légèrement inférieurs et une production de lait et taux protéiques élevés (Bony *et al.*, 2005).

Les concentrés riches en amidon abaissent beaucoup plus les taux butyreux du lait que ceux riches en fibres. Les laits du régime ensilage herbes sont plus riches en acides gras longs, avec parallèlement une réduction des acides gras courts et surtout moyens, ils sont par ailleurs moins riches en acides gras saturés, notamment en acide palmitique, avec en contrepartie une augmentation de la teneur en acides mono insaturés et polyinsaturés par rapport aux laits issus du régime maïs complétement avec du soja (Mekhaneg, 2019).

### **3.4.2 Rapport fourrage/concentré :**

Le rapport fourrage concentré (F/C) a un effet considérable sur la composition du lait, plusieurs auteurs ont signalé dans des études antérieures une corrélation négative entre l'offre de concentrés et le taux de matières grasses dans le lait (Bony *et al.*, 2005). L'amplitude de variation du TB sous l'influence du rapport (F/C) peut atteindre 20g/kg soit 3 à 4 fois plus que le TP qui varie généralement en sens inverse (Yennek, 2010 ; Lazar, 2013). En effet, l'ajout de concentrés à la ration peut favoriser la production laitière et le taux protéique du lait. Par contre, un minimum de fourrages dans la ration est requis pour éviter des problèmes digestifs et métaboliques chez la vache (Bouzida *et al.*, 2010).

Pour l'interaction entre le rapport fourrages / concentrés et la TPF (taille de particules de fourrage); hacher l'ensilage de manière grossière plutôt que fine a permis une augmentation de la TMG plus grande avec les rations ayant un rapport fourrages / concentrés plus faible par

rapport à celles avec un rapport plus élevé. Ceci dit, dans tous les cas, les rations avec un rapport fourrages : concentrés plus élevé résultaient en un TMG supérieure (Yang *et al.*, 2001).

### **3.4.3 L'apport d'azote et protéines alimentaires :**

L'augmentation du niveau des apports azotés conduit à une augmentation conjointe de la production laitière et de la matière protéique (Coulon *et al.*, 1991 ; Yennek, 2010).

L'apport de certains acides aminés essentiels à la ration peut avoir une influence sur le TP (Kaouche, 2019). Il a été démontré que l'apport post-ruminal de lysine et de méthionine a un effet bénéfique sur le taux protéique et sa teneur en caséines sans modifier la production laitière. Ces acides aminés améliorent l'efficacité d'utilisation des protéines (PDI) (Coulon *et al.*, 1991). Cependant, le tourteau de Colza représente une bonne source en acides aminés et notamment en méthionine. L'introduction de ce tourteau dans une ration à base d'ensilage de maïs (fortement déficitaire en matières azotées fermentescibles) a permis une légère augmentation de la production laitière, le maintien du taux protéique et la réduction du taux butyreux (Yennek, 2010). Les régimes alimentaires basés sur la luzerne soulèvent des valeurs de teneur du lait en matières grasses et en protéines proches aux normes ( Srairi *et al.*, 2009).

Les effets des protéines alimentaires sur le pourcentage de matières grasses du lait sont variables mais généralement faibles lorsque des régimes alimentaires compris dans les plages de nutriments normalement acceptées ont été donnés. Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines (Linn, 1988).

### **3.4.4 apport en énergie :**

Une augmentation d'un apport énergétique se traduit généralement par un accroissement de la teneur en protéines et de la production laitière. L'alimentation permet d'agir à court terme, et de manière différente, sur le taux des protéines et de matières grasse. Le taux protéique varie dans le même sens que l'apport énergétique (Yennek, 2010).

#### **➤ Amidon :**

Les types d'amidon peuvent être divisés en: céréales, tubercules et légumineuses, en fonction de la longueur des chaînes de l'amylopectine, de leur structure cristalline et leur contenu en

eau. La dégradation de l'amidon débute généralement dans le rumen et une portion de l'amidon est aussi dégradée dans l'intestin grêle (Deckardt *et al.*, 2013).

La nature des nutriments absorbés n'est pas la même quand l'amidon est digéré dans le rumen ou dans l'intestin grêle. En fait, la dégradation de l'amidon faite par les bactéries du rumen apportera de l'énergie sous forme d'AGV, tandis que l'amidon digéré dans l'intestin grêle fournira du glucose. L'amidon se rendant dans le gros intestin fournira, quant à lui, de l'énergie également sous forme d'AGV (Sauvant *et al.*, 1994). Il est connu que le pH du liquide ruminal diminue et que la production des AGV augmente quand l'amidon disponible dans le rumen augmente. De plus, la production de lait est généralement augmentée, mais elle est aussi associée à une diminution de sa TMG (NRC, 2001).

➤ Les sucres :

D'autres sources d'énergie telles, les sucres comme le sucrose ou le lactose ont été utilisés comme alternatives à l'amidon. (Broderick *et al.*, 2008 ; Oba, 2011). Il y a des différences sur l'ingestion et sur la TMG du lait en remplaçant l'amidon de maïs par du sucrose. On note des effets linéaires pour la prise alimentaire et la TMG qui augmentaient avec l'ajout de sucrose dans la ration. Ces résultats suggèrent que de remplacer partiellement l'orge ou le maïs par du sucrose ou du lactose peut être une alternative pour augmenter l'énergie de la ration des vaches au début de la lactation sans incidence négative sur la TMG du lait (Broderick *et al.*, 2008).

### **3.4.5 L'apport en matières grasses :**

La supplémentation avec des lipides est une façon d'augmenter la densité énergétique des rations des vaches hautes productrices. L'apport de matières grasses dans la ration alimentaire de la vache laitière engendre une variation de la production et de la composition du lait. La supplémentation en lipides des rations induit le plus souvent une baisse du TB même lorsqu'ils sont protégés, elle est due à une perturbation des fermentations ruminales. Avec différents types de lipides protégés, le taux protéique diminue en moyenne de 1,3 g/kg pour un taux d'incorporation moyen de 740 g/j (Jarrige, 1988). L'effet de l'addition de lipides sur la TMG du lait est très variable et dépend de la composition des lipides, de la quantité qui est ajoutée dans la ration et de leur disponibilité dans le rumen. Mais cet effet se traduit presque toujours par

une diminution de la teneur en acides gras à chaîne courte et moyenne, et une augmentation de la teneur en acides gras à longue chaîne dans le lait (NRC, 2001).

#### **3.4.6 L'apport en autres aliments :**

Certains aliments complémentaires (pulpes de betteraves, son, betterave et lactosérum... etc.), utilisés en tant qu'aliments concentrés ou en association avec les fourrages de base, ont dans la plupart des cas, un effet favorable sur la composition du lait. Avec des rations à base d'ensilage de maïs, le remplacement d'une partie importante de ce fourrage par des pulpes entraîne une diminution du taux butyreux. Tandis que l'inclusion d'ensilage de maïs permet d'augmenter significativement la TP du lait (Pacheco, 2016).

L'apport de betteraves ou de mélasse de betteraves ou de lactosérum se traduira par une augmentation d'autant plus sensible du taux butyreux que celui-ci est faible (Yennek, 2010).

## **II. DEUXIEME PARTIE :**

**Synthèse des travaux réalisés en Algérie sur les  
principaux composants physico-chimiques du lait de  
vache**

En Algérie, un intérêt grandissant ait été observé depuis quelques années sur le lait de vache. Plusieurs données sont disponibles concernant la qualité microbiologique et physicochimique du lait, néanmoins aucune étude officielle n'a été entreprise à grande échelle au niveau nationale pour apprécier la qualité du lait.

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à rassembler et synthétiser les travaux réalisés dans différentes régions de l'Algérie sur les principaux composants physico chimiques du lait (le taux de matière grasse, matière protéique, le lactose, la densité, l'acidité, l'extrait sec dégréssé, le point de congélation) en vue de déterminer et proposer un lait de référence.

### **1. Recherche, sélection et évaluation des documents :**

Les données utilisées pour réaliser notre étude comprennent des documents de différents types :

- Mémoires d'ingénieur, de master, magister et thèse de doctorat.
- Publications nationales et internationales

La recherche des documents est de type électronique par internet, elle a été effectuée sur les moteurs de recherches ci- dessous:

- Google (<https://www.google.com>),
- scholar. google (<https://scholar.google.com>),
- researchgate (<https://www.researchgate.net>).

La sélection des (29) documents est basée sur la qualité de l'étude scientifique et des informations les plus importantes, à savoir:

- Etre en relation avec le dosage des différents composants physico chimiques du lait en Algérie.
- Etre de source bien identifiée.
- Etre de date récente (2003 à 2021).
- Comprendre des statistiques chiffrées ou graphiques.

Après lecture des travaux, les données de chaque document sont reportées dans des tableaux de synthèse et homogénéisés.

### **2. Analyse statistique:**

L'analyse statistique est limitée au calcul de la moyenne  $\pm$  écart type.



### 3. Résultats relatifs aux principaux composants physico chimiques du lait en Algérie:

**3.1. Teneur en matière grasse :** Les résultats des travaux relatifs à la teneur en matière grasse (TMG) sont rapportés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4:** Teneur en matière grasse (g/l) du lait de vache selon différentes études.

Nombre d'étude	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Matière grasse(g/l)
1	Bouzebda <i>et al.</i> , (2003)	El-Tarf	/	30
2	Boukir ( 2007)	Tizi-ouzou	Élevage laitier	38,68
3	Yennek et Belhadi (2010)	Tizi- Ouzou	/	41,5
4	Meribai (2010)	Bejaia	Holstein	36,51
			Montbéliarde	35,87
5	Makroud (2011)	Sétif	Élevage laitier 1	39,94
			Élevage laitier 2	35,30
6	Benhedane-Bachtarzi (2012)	Est algérien	/	31
7	Bousbia <i>et al.</i> , (2012)	Constantine	/	41
8	Bousbia <i>et al.</i> , (2013)	Constantine	/	40,43
9	Benyounes <i>et al.</i> , (2013)	Est D'Algérie	Début de lactation	39,8
			Milieu de lactation	38,7
			Fin de lactation	41,9
10	Leyou et Brouguetai (2014)	Tlemcen	/	26,4
11	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	/	36
12	Belkheir (2014)	Tizi-ouzou	/	37,9
13	Mehnoune et Ferhoul (2015)	Ain- Defla	/	33,29
		Chlef	/	32,04
		Médéa	/	32,04
14	Bouchakour et Djeghlal (2015)	Khmis Miliane	/	33,2
15	Tire <i>et al.</i> , (2015)	Ghardaïa	/	25,14
16	Belkheir <i>et al.</i> , (2015)	Tizi-Ouzou	/	38
17	Bachtarzi <i>et al.</i> , (2015)	Constantine	/	31
18	Mansour (2015)	Sétif	Printemps et été	35
19	Ouchene-Khelifi <i>et al.</i> , (2017)	Mitidja	Prim'holstein	31
20	Benmaddi. (2017)	Tizi-ouzou	Élevages laitiers, collecte d'une année	31,8
21	Bouamra <i>et al.</i> , (2019)	Ouest Algérien	Hivers et été ,Holstein/Montbéliar	36,9
22	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	Nort-Est (Guelma, Souk Ahras et		32.8
23	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	33
24	Tadjine <i>et al.</i> , (2021)	Guelma	Mai – Juillet	48,6
Moyenne ± écart type				35,49

Sur la base des résultats obtenus par les différentes études, la TMG est en moyenne de 35,49  $\pm$ 4,98 g/l (avec une variation de 25,14 à 48,6 g/l). Comparativement aux norms du tableau 1, la TMG est inférieure à la valeur moyenne de 38 -45 g/l.

### 3.2. Teneur en matière protéique :

Les résultats de synthèse des travaux relatifs à la la teneur en matière protéique (TMP) sont rapportés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 5:** Teneur en matière protéique du lait de vache selon différentes études.

Nombre d'étude	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Taux protéique g/l
1	Amrane et Belhadi (2010)	Tizi-Ouzou	/	28
2	Meribai (2010)	Bejaia	Holstein	31,68
			Montbéliarde	31,84
3	Bousbia <i>et al.</i> , (2012)	Constantine	/	32,2
4	Yennek-Belhadi (2010)	Tizi-Ouzou	/	29
5	Bousbia <i>et al.</i> , (2013)	Constantine	/	32
6	Benyounes <i>et al.</i> , (2013)	Est D'Algérie.	Début de lactation	32,4
			Milieu de lactation	32,9
			Fin de lactation	34,2
7	Leyou et Brouguetai (2014)	Tlemcen	/	32,4
8	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	/	35
9	Belkheir <i>et al.</i> , (2014)	Tizi-Ouzou	/	33,45
10	Belkheir <i>et al.</i> , (2015)	Tizi-Ouzou	/	33,5
11	Mansour (2015)	Sétif	Printemps et été	33
12	Ouchene-Khelifi <i>et al.</i> , (2017)	Mitidja	Prim'holstein	29,1
13	Benmaddi (2017)	Tizi-ouzou	Élevages laitiers (Une année)	28,8
14	Bouamra <i>et al.</i> , (2019)	Ouest Algérien	Hivers et été	31,6
15	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	North-Est (Guelma, Souk Ahras et Tébessa)	/	31,3
16	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	34,5
17	Tadjine <i>et al.</i> , (2021)	Guelma	Mai – Juillet	30,0
Moyenne $\pm$ écart type				31,84 $\pm$ 1,98

D'après les résultats obtenus par les différentes études, la TMP est en moyenne de 31,84  $\pm$ 1,98 g/l (avec une variation de 28,8 à 34,5 g/l). Comparativement aux valeurs des études du tableau 1, la TMP est inférieure à la norme de 33-36 g/l.

### 3.3. Densité du lait:

Les résultats des travaux relatifs à la densité du lait sont rapportés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 6:** Densité du lait de vache selon différentes études

Nombre d'études	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	densité du lait
1	Bouzebda <i>et al.</i> , (2003)	El-Tarf	race locale	1032
			Prim-Holstein	1030
2	Boukir(2007)	Tizi-Ouzou	/	1031
3	Aggad <i>et al.</i> (2009)	Ouest algérien	Lait de mélange	1029
			lait individuel	1030
4	Aggad (2010)	Tiaret	/	1029
5	Amrane <i>et Belhadi</i> (2010)	Tizi-Ouzou	/	1028
6	Meribai (2010)	Bejaia	Holstein	1030
			Monbéliarde	1030
7	Yennek-Belhadi (2010)	Tizi-Ouzou	/	1028
8	Makroud (2011)	Sétif	Élevage 1	1030,64
			Élevage 2	1029,76
			Élevage 3	1029,5
9	Benhedane- Bachtarzi (2012)	Constantine	/	1029
10	Bousbia <i>et al.</i> , (2012)	Constantine	/	1028
11	Benyounes <i>et al.</i> , (2013)	Est d'Algérie.	Début de lactation	1030
			Début de lactation	1031
			Fin de lactation	1031
12	Bouguetai (2014)	Tiaret	/	1032
13	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	/	1028
14	Bachtarzi <i>et al.</i> , (2015)	Constantine	/	1029
15	Bouchakour <i>et Djeghlal</i> (2015)	Khmis Miliana	/	1030
16	Mansour (2015)	Sétif	/	1029
17	Mehnoune <i>et Ferhoule</i> (2015)	Ain-Defla	/	1030,4
		Chlef	/	1030,4
		Médéa	/	1030,3
18	Tire <i>et al.</i> , (2015)	Tlemcen	/	1030
19	Tiouche <i>et al.</i> , (2016)	Tizi Ouzou	/	1029
20	Benmaddi (2017)	Tizi-ouzou	Élevages laitiers (Une année)	1028
21	Ouchene-Khelifi <i>et al.</i> , (2017)	Mitidja	Prim'holstein	1030
22	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	Nort-Est (Guelma, Souk Ahras et Tébessa)		1031,90
23	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	1027,2
24	Tadjine <i>et al.</i> , (2020)	Guelma	Mai – Juillet	1030
Moyenne ± écart type				1029,73±1,21

Sur la base des résultats obtenus par les différentes études, la densité est en moyenne de  $1029,73 \pm 1,21$  (avec une variation de 1028 à 1032). La valeur de densité appartient à la fourchette des valeurs du tableau 1 qui varient de 1028-1034.

### 3.4. Teneur en lactose du lait :

Les résultats des travaux relatifs à la teneur en lactose du lait sont rapportés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 7:** Teneur en lactose du lait de vache selon différentes études.

Nombre d'études	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Lactose g/l
1	Bousbia <i>et al.</i> , (2013)	Constantine	/	50
2	Benyounes <i>et al.</i> , (2013)	Est d'Algérie.	Début de lactation	42,1
			Milieu de lactation	43,3
			Fin de lactation	44,7
3	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaia	/	50,5
4	Leyou et Brouguetai (2014)	Tlemcen	/	43,4
5	Belkheir <i>et al.</i> , (2015)	Tizi-Ouzou	/	42,2
6	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	North-Est (Guelma, Souk Ahras et Tébessa)	/	47,0
7	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	50,2
Moyenne $\pm$ écart type				45,93 $\pm$ 3,53

D'après les résultats obtenus par les différentes études, la teneur en lactose est en moyenne de  $45,93 \pm 3,53$  g/l (avec une variation de 42,1 à 50,5 g/l). Comparativement aux valeurs des études du tableau 1, la teneur en lactose est inférieure à la norme de 48-50 g/l.

### 3.5. Acidité du lait :

Les résultats des travaux relatifs à l'acidité du lait sont rapportés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 8:** Acidité du lait de vache selon les différentes études.

Nombre d'études	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Acidité °D
1	Aggad <i>et al.</i> , (2009)	Ouest algérien	lait de mélange	17
			lait individuel	17,4
2	Aggad <i>et al.</i> , (2010)	Tiaret	//	18,4
3	Yennek-Belhadi (2010)	Tizi-Ouzou	/	17,6
4	Makroud (2011)	Sétif	Élevage 1	17,73
			Élevage 2	16,51
			Élevage 3	18,37
5	Benhedane-Bachtarzi (2012)	Constantin	/	18
6	Bousbia <i>et al.</i> , (2012)	Constantine	/	17,2
7	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	/	18
8	Mehnoune et Ferhoule (2015)	Ain-Defla	//	15,5
		Chleff	//	15,4
		Médéa	//	15,4
9	Bachtarzi <i>et al.</i> , (2015)	Constantine	/	18
10	Bouchakour et Djeghlal (2015)	Khmis Miliana	/	18
11	Mansour (2015)	Sétif	Printemps	16,16
			Été	18,67
12	Tire <i>et al.</i> , (2015)	Tlemcen	/	20,21
13	Benmaddi (2017)	Tizi-ouzou	Élevages laitiers (Une année)	17,32
14	Bousbia <i>et al.</i> , (2018)	Constantine	/	16,7
15	Tadjine <i>et al.</i> , (2021)	Guelma	Mai – Juillet	18,7
Moyenne ± écart type				17,44±1,21

Sur la base des résultats du tableau 8, l'acidité du lait est en moyenne de 17,44±1,21°D. (avec une variation 15,4 à 20,21°D). La valeur de l'acidité appartient à la fourchette des valeurs du tableau 1 qui varie de 15-18°D.

### 3.6. Teneur en extrait sec dégraissé du lait :

Les résultats des travaux relatifs à la teneur en extrait sec dégraissé sont rapportés dans le tableau 9:

**Tableau 9:** Teneur en extrait sec dégraissé du lait (g/l) de vache selon différentes études.

Nombre d'études	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Extrait sec dégraissé g/l
1	Boukir (2007)	Tizi-Ouzou	/	84,18
2	Meribai (2010)	Béjaia	Holstein	80,98
			Montbéliarde	84,08
3	Makroud (2011)	Sétif	Élevage 1	89,89
			Élevage 2	90,11
4	Belkhir <i>et al.</i> , (2014)	Tizi-Ouzou	/	84,20
5	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	/	94,5
6	Belkheir <i>et al.</i> , (2015)	Tizi-Ouzou	/	84,2
7	Mehnoune et Ferhoule (2015)	Ain-Defla	/	88,1
		Chleff	/	86,43
		Médéa	/	86,43
8	Ouchene-Khelifi <i>et al.</i> , (2017)	Mitidja	Prim'holstein	87
9	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	North-Est (Guelma, Souk Ahras et ...)	/	85,5
10	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	88,9
Moyenne ± écart type				87,19±3,08

Sur la base des résultats du tableau 9, la teneur en extrait sec dégraissé du lait est en moyenne de 87,19±3,08g/l (avec une variation de 80,98 à 94,5 g/l). La valeur d'extrait sec dégraissé appartient à la fourchette des valeurs du tableau 1 qui varie de 85-90 g/l.

### 3.7. Point de congélation °C du lait :

Les résultats des travaux relatifs au point de congélation du lait sont rapportés dans le tableau 10:

**Tableau 10:** Point de congélation du lait de vache selon les différentes études.

Nombre d'études	Auteurs de l'étude	Région d'étude	Origine du lait	Point de congélation°C
1	Benyounes <i>et al.</i> , (2013)	Est D'Algérie.	Début de lactation	-0,49
			Milieu de lactation	-0,50
			Fin de lactation	-0,52
2	Bousbia <i>et al.</i> , (2013)	Constantine	//	-0,54
3	Debouz <i>et al.</i> , (2014)	Ghardaïa	//	-0,56
4	Belkheir <i>et al.</i> , (2015)	Tizi-Ouzou	//	-0,52.
5	Hamiroune <i>et al.</i> , (2020)	Djelfa	/	-0,52
6	Boudalia <i>et al.</i> , (2020)	North-Est (Guelma, Souk Ahras et Tébessa	/	-0,55
Moyenne ± écart type				-0,525±0,023

D'après les résultats obtenus par les différentes études, le point de congélation est en moyenne de  $-0,525 \pm 0,023$  °C. Comparativement aux valeurs des études du tableau 1, la valeur de point de congélation est inférieure à la norme qui varie de  $-0,54$ °C à  $-0,55$ °C.

**CONCLUSION.**



La présente étude, avait comme but d'établir un état des lieux des caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de ses variations en vue de déterminer un lait de référence pour une exploitation dans le programme du payement du lait à la qualité.

Les résultats des travaux réalisés dans différentes régions d'Algérie sur la qualité physico-chimique du lait (le taux de matière grasse, le taux protéique, le lactose, la densité, l'acidité, l'extrait sec dégréssé, le point de congélation) montrent que certains paramètres sont soit au dessous soit dans les normes internationales. En effet, la valeur moyenne :

- De la teneur de matière grasse de  $35,49 \pm 4,98$  g/l et qui varie de 25,14 à 48,6 g/l, est en dessous des normes recommandées de 38 -45 g/l.
- De la teneur de matière protéique de  $31,84 \pm 1,98$  g/l et qui varie de 28,8 à 34,5 g/l, est en dessous des normes requises de 33-36 g/l.
- De la densité de  $1029,73 \pm 1,21$  (avec un intervalle de variation de 1028 à 1032), se situe dans la fourchette des normes de 1028-1034.
- De la teneur en lactose de  $45,93 \pm 3,53$  g/l (avec une variation de 42,1 à 50,5 g/l, est en dessous des normes requises de 48-50 g/l.
- De l'acidité affiche des valeurs variables 15,4 à 20,21°D et une moyenne de  $17,44 \pm 1,21$ °D, se situe dans les normes recommandées 16°D-18°D.
- De la teneur en extrait sec dégraissé de  $87,19 \pm 3,08$ g/l (avec une variation de 80,98 à 94,5 g/l), se situe dans la fourchette des normes de 85-90 g/l.
- Du point de congélation de  $-0,525 \pm 0,023$  °C, est en dessous des normes requises de - 0,54°C à -0,55°C.

Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que la qualité physico-chimique du lait de vache en Algérie reste souvent non satisfaisante et inférieure à celle obtenue dans les pays européens. Néanmoins, il faut signaler que la qualité physico chimique est influencée par plusieurs facteurs tels que l'alimentation, la saison, le stade de lactation, le climat, et la race.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

1. Agabriel., Coulon., Marty., Bonaïti. Facteurs de variation de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production 1. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00896042/document> (Consulté le 28 février 2022).
2. Aggad, H., Mahouz, F., Ahmed, A.Y., Kihal, M., 2009. Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'Ouest Algérien. *Revu Med Vét* 12,590-595.
3. Aggad, H., Bridja, M., Bouhai, A., Benouali, M., Djebli, A., 2010. Some quality aspects of pasteurized milk in Algeria. *World Journal of Dairy and Food Sciences* 5, 21-24.
4. Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., Turgeon, H., 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. *Science et technologie du lait – Transformation du lait*, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN 3, 25-29.
5. Amrane, R., Belhadi, N., 2010. Effet de race, de l'élevage et de stade de lactation sur la production laitière, le taux protéique et la densité du lait au niveau des quatres élevages laitiers de la région de Fréha (Tizi-Ouzou).
6. Anonyme. Lait : définition et explications. <https://www.aquaportail.com/definition-10709-lait.html> (Consulté le 18 Décembre 2021).
7. Anonyme, Composition chimique globale du lait. <https://www2.ulb.ac.be/sciences/cudec/LaitTableau2.html><https://www2.ulb.ac.be/sciences/cudec/LaitTableau2.html> (Consulté le 13 juin 2022).
8. Araba, A. 2006. L'alimentation des vaches laitières pour une meilleure qualité du lait. *Rev. Transfert de Technologie en Agriculture* 142, 4.
9. Bachtarzi, N., Amourache, L., Dekhal, G. 2015. Qualité é du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert dans une laiterie de Constantine (Est Algérien). *International Journal of Innovation and Scientifique Research*, 34-42.
10. Belhadia, M., Yakhlef, H., Bourbouz, A., Djermoun, A., 2014. Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel. *Stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du haut Cheliff*. *New Médit*, 54-62.
11. Belkheir, B., Ghozlane, F., Benidir, M., Bousbia, A., Benahmed, N., Agguini, S., 2015. Production laitières, pratique d'élevage et caractéristique du lait en exploitation bovine laitière en montagne de Kabylie, Algérie. *Livestock Research for Rural Développement* 27 -22.
12. Belkhir, B., Ghozlane, F., Benidir, M., Bousbia, A., Benhamed, N., Aggun, S., 2014. Typologie du lait de mélange des exploitations bovines en zone de montagne de Tizi-Ouzou (Algérie). *Rech Ruminants* 21, 84.
13. Benhedane, N., 2012. Qualité microbiologique du lait cru destine à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'Est Algérien. *Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires*.
14. Benmaddi, H., 2017. Qualité physico-chimique du lait de vache collecté par une laiterie à Tizi-Ouzou. *Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*, 53p.
15. Benyounes, A., Bouriache, H. E., Lamrani, L., 2013. Effet du stade de lactation sur la qualité physico-chimique du lait de vache Holstein élevée en région de l'Est d'Algérie. *Rv : Livestock Research for Rural Development* 25.

16. Blanc, B., 1982. Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *In* : Le lait. pp. 350-395.
17. Bony., Contamin., Gousseff., Metais., Tillard., Juanes., Decruyenaere. Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. <https://hal.inrae.fr/hal-02679966/document> (consulté le 26 février 2022).
18. Bouamra, M., Doubbi Bounaoua, L., Si Djilali, M., Ghozlane, F., 2019. Qualité physicochimique du lait de vaches Prim'Holsteins et Montbéliardes dans l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development* 31.
19. Bouchakour, E., Djeghlal, S., 2015. Etude comparative de lait de vache (lait entier, lait demie écrémé et lait écrémé) pasteurisé. Mémoire de master, Université Khemis Miliana, 105p
20. Boudalia, S., Boudebbouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., Leksir, C., Boukaabene, Z., Saihi, A., Touaimia, H., Aït-Addour, A., Chemmam, M., 2020. Characterization of traditional Algerian cheese "Bouhezza" prepared with raw cow, goat and sheep milks. *Food Sci. Technol, Campinas*, 40 (Suppl. 2), 528-537.
21. Boujenane, I., Aïssa, H., 2008. Performances de reproduction et de production laitière des vaches de race holstein et montbéliarde au Maroc. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 6, 3-4.
22. Boukir, M., 2007. Relations entre les modalités de productions bovines et les caractéristiques du lait. Cas des exploitations laitières de la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse de magister, Institut National Agronomique d'El Harrache, 116p.
23. Bousbia, A., Ghozlane, F., Benidir, M., Belkheir, B., 2012. Evaluation de la qualité physicochimique des laits de mélange des troupeaux laitiers dans le Nord Est Algérien. *Renc Rech Ruminants* 19, 416.
24. Bousbia, A., Ghozlane, F., Benidir, M., Belkhir, B., 2013. Quantitative response of dairy production of cattle herds to husbandry practices. *African Journal of Agricultural Research* 8, 5622-5629.
25. Bouzebda- Afri, F., Guellati, M.A., 2003. Etude de la qualité laitière de la population bovine locale dans la région d'El-Tarf. *Renc Rech Ruminants* 10, 238.
26. Bouzida, S., Ghozlane, F., Allane, M., Yakhlef, H et Abdelguerfi, A., 2010. Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Fourrages* 204, 269-275.
27. Broderick G.A., Luchini N.D., Reynal S.M., Varga G.A., Ishler V.A., 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci* 91.
28. Brun-Lafleur, L., Delaby, L., Husson, F., Faverdin, P., 2010. Predicting energy × protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 4128-4143.
29. Cauty, I., Perreau, J-M., 2003. La conduite de troupeau laitier. Edition France Agricole. 288p.
30. Cazet, L., D., M., 2007. Bilan du taux de contamination et étude préparatoire au dosage de résidus de produits phytosanitaires dans le lait de grand mélange bovin. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire : Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 184p.
31. Chetoune S, 1982. Amélioration de la qualité bactériologique du lait cru, Thèse d'Ingénieur en Agronomie, Université de Mostaganem, 88p.

32. CIPC lait Commission interprofessionnelle des pratiques contractuelles., 2011. Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait 2.
33. Conte, S., 2008. Evolution Des caracteristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques du lait caillé traditionnel. Memoire en vu de l'obtention du diplome d'études approfondies de productions animales. Faculté des Sciences et Techniques : production animale, Ecole inter-états des Sciences et Médecine vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 45p.
34. Coulon., Chilliard., 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). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895941/document> (Consulté le 28 février 2022).
35. Debouz, A., Guergueur, L., Hamid, O., Hadj Sayed, A., 2014. Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaia. Revue Elwihat pour les recherches et les études 7, 10-17.
36. Deckardt., Khol-Parisini., Zebeli. Peculiarities of enhancing resistant starch in ruminants using chemical methods : Opportunities and Challenges. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3725487/> (Consulté le 25 février 2022).
37. Fadul Pacheco, L., 2016. Relations entre la composition du lait et les facteurs alimentaires dans les troupeaux laitiers québécois. Thèse : Doctorat en Sciences Vétérinaire, Université Laval, 177p.
38. FAO., 2017. Le lait et produits laitiers. La composition du lait.
39. Froc., Gilibret., Daliphar., Durand. Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal\\_00895829/document](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal_00895829/document) (Consulté le 23 février 2022).
40. FAO. La production laitière et les produits laitiers : La composition du lait. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/la-composition-du-lait/fr/> (Consulté le 31 Janvier 2022).
41. Gayard, V. La lactation, cours sur le net. <http://physiologie.envt.fr/spip.php?article47> (Consulté le 04 Mars 2022).
42. Ghazi, K.H., Niar, A., 2011. Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la wilaya de Tiaret. Rev Tropicultura 29, 193-196.
43. Ghoues, S., 2011. Evolution de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques du lait reconstitué partiellement écrémé commercialisés dans l'est algérien. Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine, 187p.
44. Hamiroune, M., Kouskous, M., Nezzar Kebaili, A., 2020. Evaluation of the physicochemical quality of raw milk from cattle farms in the region of Djelfa (Algeria). International Journal of Horticulture, Agriculture and Food science 4.
45. Hanzen, Ch. Lait et production laitière. [http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200910/R20\\_Glde\\_mamm\\_production\\_2010.pdf](http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200910/R20_Glde_mamm_production_2010.pdf) (Consulté le 26 Novembre 2021).

46. Hermier, J., Lenoir, J., Weber, F., 2009. Bases sur la microbiologie du lait et du fromage 6.
47. Houchati, A., Aloulou, R., M'sadak, Y., 2016. Caractérisations quantitative et qualitative des performances laitières des troupeaux bovins en Tunisie. *Revue : Mar. Sci. Agronomie Vétérinaire* 4, 78-85.
48. Imran, M., Khan, H., Hassan, S. S., Khan, R. Physicochemical characteristics of various milk samples available in Pakistan. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0820052> (Consulté le 24 Janvier 2022).
49. I.N.A.T.A.A. Université de Constantine. 83p.
50. Jarrige, R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Edition INRA, Paris, 471 p.
51. Jeante, T.R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brule, G., 2008. Les produits laitiers. 2ème édition, Tec et Doc Lavoisier, pp. 1-17.
52. Jenkins, T.C., Mc Guire, M.A., 2006. Major advances in nutrition impact on milk composition. *Journal of Dairy Science* 89, 1302-1310.
53. Kaouche-Adjlane S., Mati A. 2017. Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue Méd Vét* 168, 151-163.
54. Klei, L. R., Lynch, J. M., Barbano, D. M., Oltenacu, P. A., Lednor, A. J., Bandler, D. K., 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *Journal of Dairy Science* 80, 427-436.
55. Kouamé-Sina, S. M., Bassa, A., Dadié, A., Makita, K., Grace, D., Dje, M., Bonfoh, B., 2010. Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue Africaine de Santé et de Productions animales*, 35-42.
56. Larousse, É. Définitions : Lait - Dictionnaire de français Larousse. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/lait/45975> (Consulté le 25 janvier 2022).
57. Lazar, L. 2013. Effet de l'alimentation de la vache sur la qualité du lait. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II en Production et Amélioration végétale : Faculté des sciences de la nature et de vie, Département d'agronomie, Université de Tlemcen, 130p.
58. Le Maréchal., Thiéry., Vautor., Le Loir., 2011. Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products—a review. *In : Dairy Science and Technology*, EDP Sciences/Springer, pp.247-282.
59. Legarto, J., Gelé, M., Ferlay, A., Hurtaud, C., Lagriffoul, G., Palhière, I., 2014. Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. *INRA Productions Animales* 27, 269-282.
60. Leyou, B.F., Bouguetai, B.H., 2014. Evaluation de la qualité de lait de vache à partir de la qualité physico-chimique de l'eau d'abreuvement. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Université abou Baker Belkaid, Tlemcen, 68 p.
61. Linn. Factors affecting the composition of milk from dairy cows. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/> (Consulté le 18 janvier 2022).
62. Looper., Sandra., Stokes Dan., Waldner Ellen., Jordan. Managing milk composition : Normal sources of variation. [https://aces.nmsu.edu/pubs/\\_d/D103/welcome.html](https://aces.nmsu.edu/pubs/_d/D103/welcome.html) (Consulté le 26 janvier 2022).

63. Mahaut, M., Schuck, P., Jeantet, R., Brulé, G., 2000. Les produits industriels laitiers. Lavoisier, Tec et Doc editions, 178 p.
64. Makroud, H., 2011. Effet de la température sur la production laitière dans la région de Sétif. Mémoire Magister, Université Ferhat Abbas, Sétif, 105p.
65. Mansour, L., 2015. Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 120p.
66. Martin, B., Coulon, J.B., 1995. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. I. Influence des facteurs de production sur l'aptitude à la coagulation des laits de troupeaux. Revue Lait 75, 61-80.
67. Martinet, J., Houdebine, L.M., 1993. Biologie de la lactation. Edition INSERM/INRA, Paris, 618 p.
68. Matallah., Bouchelaghem., Matallah. Variation of the chemical composition of milk from Holstein cattle in North-East Algeria. <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd27/1/mata27016.html> (Consulté le 19 février 2022).
69. Mathieu, J., 1998. Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et documentation. Edition Lavoisier, Tec et Doc 220 p.
70. Mekhaneg, B., 2020. Variation de la composition du lait en fonction de la race et de l'alimentation : aptitude à la coagulation par une protéase purifiée extraite du proventricule de dinde (*Meleagris gallopavo*). Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques : Sciences alimentaires. Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El-Harrach, 169p.
71. Meribai, A., 2010. Influence des paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait, aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie –El-Harrach, Alger, 105p.
72. Michel, M., Romain, J., Gérard, B., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Edition Tec et Doc, Paris, 194 p.
73. Mouffok, C., 2007. Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animaux en région semi-aride de Sétif. Mémoire de Magister, Algérie, 198p.
74. Nayak, N, K. Milk composition and its constituents. 10. <http://www.ndvsu.org/images/StudyMaterials/LPT/Milk-Composition-and-its-constituents.pdf> (Consulté le 22 Janvier 2022).
75. Nousiainen, J., Shingfield, k. J., Huhtanen, P., 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. J. Dairy Sci 87, 386-398.
76. NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Rev ed Natl Acad Press, Washington.
77. Nyamushamba, G-B., Chikwanda, D., Matondi, G., Marandure, T., Mamutse, J., Tavirimirwa, B., N-Y-D, B., Dhilwayo, M., 2014. The effect of non-genetic factors on milk yield and composition of Red Dane cattle in Zimbabwe. Livestock Research for Rural Development 26.
78. Ouchene-Khelifi, N A., Lafri, M., Ferrouk, M., Ouchene, N., 2017. Physicochemical analysis of raw milk of Prim'holstein cows in the region of Mitidja in Algeria. Livestock Research for Rural Development 29.
79. Pointuruer H., 2003. La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France, 388 p.

80. Pougheon, S., I., A., S., 2001. Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire : Sciences vétérinaires, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 102p.
81. Rajala-Schultz, P-J., Saville, W. J. A., 2003. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. *Journal of Dairy Science* 86, 1653-1661.
82. Ray, M.C. Lait : Les bactéries lactiques | Dossier. <https://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/gastronomie-lait-cru-pasteurise-tradition-hygiene-1712/page/5/> (Consulté le 28 Décembre 2021).
83. Robert Jenness, R., Noble, P., Wong, N.P., Elmer, H., Marth, E.H. Market Milk : Lesson 10. Physical properties and composition of milk. <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=147892> (Consulté le 13 Janvier 2022).
84. Rulquin, H., Glasser, F., Maxin, G. Prédire les variations de la matière grasse du lait de vache à partir des (...)—3R - Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. <http://www.journees3r.fr/spip.php?article2622> (Consulté le 1 mai 2022).
85. Sauvant, D., Chapoutot, P., Archimède, H., 1994. La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences. *INRA Productions Animales* 7, 115-124.
86. Sauvant, D., Peyraud, J.L., 2010. Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose. *INRA Productions Animales* 23, 333-342.
87. Schmidt, Van Vleck, Hutjens, Robinson. Milk composition and microbiology—Milk composition. [https://www.groupe-esa.com/ladmec/bricks\\_modules/brick02/co/ZBO\\_Brick02\\_2.html](https://www.groupe-esa.com/ladmec/bricks_modules/brick02/co/ZBO_Brick02_2.html) (Consulté le 12 Janvier 2022).
88. Schutz, MM., Hansen, LB., Steuernagel, GR., Reneau, JK., 1990. Genetic parameters for somatic cells, protein, and fat in milk of Holsteins. *J Dairy Sci* 73, 494-502.
89. Si-Tayeb, H., Mouhous, A., Cherfaoui, L. M., 2015. Caractérisation de l'élevage bovin laitier en Algérie: cas de la zone de Fréha à Tizi-Ouzou. *Livestock Research for Rural Development* 27.
90. Sissao, M., Millogo, V., Ouedraogo, G.A., 2017. Effet de la fréquence de traite sur la production laitière de la vache Zébu Peulh. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10, 2555.
91. Sraïri M.T., Benhouda H., Kuper M., Le Gal.P Y. 2009. Effect of cattle management practices on raw milk quality on farms operating in a two-stage dairy chain. *Trop. Anim. Health. Prod* 41, 259-272.
92. Stoll, W., 2003. Vaches laitières-alimentation influence la composition du lait, Edition Sagri, France.
93. Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Gueroui, Y., Symeon, G., Mebirouk Boudechiche, L., Tadjine, A., Chemmam, M., 2021. Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses. *Food Sci. Technol, Campinas* 41, 136-143.
94. Talbi, A., El Madidi, S., 2015. Effects of environmental factors on milk production of Holstein cows in SoussMassa region of Morocco. *Livestock Research for Rural Development* 27.



95. Varga, GA., Ishler, VA., 2007. Managing nutrition for optimal milk components. Department of Dairy and Animal Science. Pennsylvania State University. Western dairy management Conference, 814-4195.
96. Veisseyere, A., 1975. Technologie de lait, 3eme édition. Paris, 714 p.
97. Vignola C.L. 2002. Science et technologie du lait-transformation du lait. Presses internationales poly techniques, Canada, pp. 444-460.
98. Vierling, E., 2008. Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition. Paris, pp. 15-16.
99. Walker, G., Dunshea, F., Doyle, P., 2004. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein. A review. Australian Journal of Agricultural Research 55.
100. Weisgerber, F. Lait : Définition de « lait ». La langue française. <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/lait> (Consulté le 25 janvier 2022).
101. Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., Rode, L. M. Barley Processing, Forage : Concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74725-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74725-X) (Consulté le 5 mai 2022).
102. Yennek-Belhadi, N., 2010. Effet des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en région montagneuse. Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 141p.