



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

**Étude physico-chimique du lait de vache issu d'un élevage bovin de
la région de Tizi-Ouzou (Algérie)**

Présenté par

Belmessous Mohamed

Soutenu le 07 Juillet 2025

Devant le jury :

Président :	Harkat S.	Professeur	ISV-Blida
Examineur :	Boukenaoui N.	Professeur	ISV-Blida
Promoteur :	Laouadi M.	MCA	ISV-Blida
Co-promoteur :	Sadia Y.	Doctorante	Université de Boumerdes

Année universitaire: 2024-2025

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers le Très-Haut, mon Créateur, pour m'avoir accordé la force, la volonté et le courage nécessaires à la réalisation de ce travail et pour m'avoir permis d'atteindre cette étape importante de mon parcours.

Je souhaite adresser mes sincères remerciements à mon encadreur, Dr LAOUADI Mourad, ainsi qu'à ma co-directrice, Mme Sadia Y. (doctorante), pour leur encadrement, leur disponibilité, leurs conseils avisés et leur accompagnement précieux tout au long de cette étude.

J'exprime également ma gratitude aux membres du jury, Pr HARKAT S., président du jury, et Pr BOUKENAOUI N., examinatrice, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour leurs remarques constructives.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, et qui m'ont soutenu tout au long de cette aventure académique.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes merveilleux parents. Votre amour est ma plus grande force et votre soutien, mon plus précieux réconfort. Rien de tout cela n'aurait été possible sans vous.

À mon bras droit, **S. Sahel**, dont la présence et l'appui constants m'ont été inestimables.

À ma fratrie – **Karim, Hakim et Tounes** – mes complices de toujours : merci pour les rires partagés, les confidences échangées et les liens indestructibles qui nous unissent.

À mes amis – **Dr. Yassin Bekki, Abdesslame Bettaher, Abdelfattah Bachen, Dhif Allah Bouaoud, Mammei Mostafa, Mouchach Amziane Mohaned**, et à tous ceux que j'ai côtoyés dans les promotions **2018 et 2019** – la meilleure équipe de soutien qu'on puisse souhaiter ! Merci pour votre énergie, votre écoute et votre constante motivation.

Enfin, un immense merci à **Monsieur Laouadi Mourad**, mon professeur encadrant. Votre bienveillance, votre rigueur et votre passion ont profondément marqué mon parcours. Votre accompagnement a été une véritable chance.

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

BLA : Bovin laitier amélioré

BLL : Bovin laitier local

BLM : Bovin laitier moderne

CNIS : Centre national de l'informatique et des statistiques de douanes

FAO : Food and Agriculture Organization

GRAL: Gestion des ressources animales locales

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

M.A.D.R : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MG : Matière Grasse

ONIL : Office National Interprofessionnel du Lait

pH : Potentiel d'Hydrogène

TB : Taux Butyreux

TP : Taux Protéique

°C : degré Celsius

Résumé

Le présent travail a été réalisé dans une ferme privée située à Chamlal, dans la wilaya de Tizi Ouzou, spécialisée dans l'élevage de vaches laitières de race Prim'Holstein. L'étude a porté sur 50 vaches laitières à différents stades de lactation, dont 12 primipares et 38 multipares, et a visé à évaluer la qualité physico-chimique du lait cru ainsi qu'à analyser l'effet de deux facteurs zootechniques : la parité et le stade de lactation. Des échantillons de lait cru entier ont été collectés individuellement lors de la traite du matin, puis analysés au laboratoire de recherche GRAL (Gestion des ressources animales locales) de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire (ENSV) d'Alger à l'aide d'un automate Milkotester. Les paramètres mesurés comprennent : matière sèche, matière grasse, protéines, lactose, sels minéraux, solides non gras, densité, point de congélation et présence d'eau ajoutée. Les résultats obtenus révèlent une matière sèche moyenne de 11,58 %, un taux de matière grasse de 1,92 %, un taux protéique de 3,51 %, une teneur en lactose de 5,32 %. Les sels minéraux, la densité ($\approx 1,034 \text{ g/cm}^3$) et le point de congélation ($-0,6115 \text{ }^\circ\text{C}$) se situent dans les plages normales, sans indication de fraude ou de dilution, comme le confirme également l'absence d'eau ajoutée. L'analyse de l'effet de la parité et du stade de lactation sur les paramètres physico-chimiques n'a révélé aucune différence significative ($P > 0,05$). Toutefois, une baisse du taux butyreux en début de lactation et une légère augmentation du taux protéique en fin de lactation ont été observées. En conclusion, cette étude a mis en évidence une qualité globale satisfaisante du lait produit.

Mots-clés : Lait de vache, paramètres physio-chimiques, Milkotester, facteurs de variation, Tizi-Ouzou.

Abstract

This work was carried out on a private farm located in Chamlal, in the wilaya of Tizi Ouzou, specializing in the breeding of Prim'Holstein dairy cows. The study involved 50 dairy cows at different stages of lactation, including 12 primiparous and 38 multiparous cows, and aimed to assess the physico-chemical quality of raw milk as well as to analyze the effect of two zootechnical factors: parity and stage of lactation. Whole raw milk samples were individually collected during the morning milking session and then analyzed at the GRAL research laboratory (Local Animal Resource Management) of the National Higher Veterinary School (ENSV) in Algiers using a Milkotester analyzer. The measured parameters included: dry matter, fat content, protein, lactose, mineral salts, non-fat solids, density, freezing point, and presence of added water. The results showed an average dry matter content of 11.58%, a fat content of 1.92%, a protein content of 3.51%, and a lactose content of 5.32%. Mineral salts, density ($\approx 1.034 \text{ g/cm}^3$), and freezing point ($-0.6115 \text{ }^\circ\text{C}$) were within normal ranges, with no indication of fraud or dilution, as also confirmed by the absence of added water. Analysis of the effect of parity and lactation stage on the physico-chemical parameters revealed no significant differences ($P > 0.05$). However, a decrease in fat content was observed at the beginning of lactation, along with a slight increase in protein content toward the end of lactation. In conclusion, this study highlighted an overall satisfactory quality of the milk produced.

Keywords: Cow milk, physico-chemical parameters, Milkotester, variation factors, Tizi-Ouzou.

ملخص

م إنجاز هذا العمل في مزرعة خاصة تقع في منطقة شمال، بولاية تيزي وزو، متخصصة في تربية الأبقار الحلوب من سلالة "بريم هولشتاين (Prim'Holstein)" شملت الدراسة 50 بقرة حلوب في مراحل مختلفة من الإدرار، من بينها 12 بقرة ولدت لأول مرة (عجلات) و38 بقرة متعددة الولادات، وهدفت إلى تقييم الجودة الفيزيائية-الكيميائية للحليب الطازج، بالإضافة إلى تحليل تأثير عاملين زوتقنيين هما: عدد الولادات ومرحلة الإدرار. تم جمع عينات فردية من الحليب الطازج الكامل خلال الحلبة الصباحية، ثم تم تحليلها في مخبر البحث "GRAL" تسيير الموارد الحيوانية المحلية) التابع للمدرسة الوطنية العليا للبيطرة (ENSV) بالجزائر العاصمة، باستخدام جهاز تحليل آلي من نوع Milkotester. شملت المعايير المقاسة: المادة الجافة، المادة الدهنية، البروتينات، اللاكتوز، الأملاح المعدنية، المواد الصلبة غير الدهنية، الكثافة، نقطة التجمد، ووجود الماء المضاف. كشفت النتائج عن متوسط مادة جافة يقدر بـ 11.58%، ونسبة دهن تبلغ 1.92%، ونسبة بروتين تقدر بـ 3.51%، ومحتوى لاكتوز بـ 5.32%. أما الأملاح المعدنية والكثافة (~ 1.034 غ/سم³) ونقطة التجمد (-0.6115 درجة مئوية) فتقع ضمن المستويات الطبيعية، دون مؤشرات على الغش أو التخفيف، وهو ما تؤكد أيضاً نتيجة غياب الماء المضاف. لم تُظهر دراسة تأثير عدد الولادات ومرحلة الإدرار على الخصائص الفيزيائية-الكيميائية فروقاً ذات دلالة إحصائية ($P > 0.05$) ومع ذلك، تم تسجيل انخفاض في نسبة الدهن في بداية الإدرار، وارتفاع طفيف في نسبة البروتين في نهايته. أظهرت هذه الدراسة أن الحليب المنتج يتمتع بجودة إجمالية مرضية.

الكلمات المفتاحية: حليب الأبقار، الخصائص الفيزيائية-الكيميائية، جهاز Milkotester، عوامل التباين، تيزي وزو.

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Résumé	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
Partie bibliographique	4
CHAPITRE I : Généralités sur le lait	5
I.1. Définition de lait	6
I.2. Composition du lait	6
I.2.1. Eau.....	7
I.2.2. Glucides.....	7
I.2.3. Matières grasses.....	8
I.2.4. Matières protéiques.....	8
I.2.5. Sels minéraux.....	9
I.2.6. Vitamines.....	9
I.2.8. Comparaison des compositions des laits de différentes espèces animales	10
I.3. Qualité organoleptiques du lait de vache	10
CHAPITRE II : Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie	15
II.1. Aperçu de la production mondiale de lait	16
II.2. Analyse de la filière lait en Algérie	16
II.2.2. Aperçu sur la production laitière en Algérie	17
III. Partie expérimentale	21
III.1. Matériel et Méthodes	22

III.2. Résultats et Discussion	28
III.3. Conclusion	39
IV. Références bibliographiques.....	

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition lipidique du lait de vache	8
Tableau 2. Composition minérale du lait de vache.	9
Tableau 3. Composition chimique du lait de quelques espèces animales	10
Tableau 4. Quelques paramètres physiques utilisés dans l'industrie laitière.	13
Tableau 5. Production laitière mondiale en 2023 (en tonnes), par espèce animale et par continent.....	16
Tableau 6. Moyennes des paramètres physico-chimiques des échantillons de lait cru analysés.....	29
Tableau 7. Effet de la parité (primipares vs multipares) sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache	37
Tableau 8. Effet du stade de lactation (début, milieu, fin) sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache	37

Liste des figures

Figure 1. Vue d'ensemble de la ferme.....	23
Figure 2. Vaches laitières ayant servi à l'étude.	24
Figure 3. Echantillons de lait analysés.	26
Figure 4. Milkotester utilisé pour l'analyse physico-chimique du lait	26

Introduction

Introduction

Depuis des siècles, le lait est considéré comme un aliment complet et équilibré dans la nutrition humaine (**Onurlubaş et al., 2013**). Sa consommation est universelle, mais varie selon les populations (**Lecerf, 2010**). Cette importance se reflète dans l'évolution constante de la production laitière mondiale, dominée à 81 % par le lait de vache, et atteignant près de 930 millions de tonnes en 2022, soit une hausse de 10 % par rapport à 2019 (**FAOSTAT, 2024**). Cette dynamique traduit la demande croissante pour ce produit de base, encouragée par la croissance démographique, l'urbanisation et les changements de modes de consommation.

Dans ce contexte mondial, l'Algérie, pays à forte tradition laitière, se distingue par une consommation élevée de lait, soutenue par les habitudes alimentaires locales, la politique de subvention des prix et le rôle du lait comme substitut économique aux protéines animales plus coûteuses (**Kacimi El Hassani, 2013**). En 2021, le pays comptait environ 1,78 million de têtes bovines, dont plus de 930 000 vaches laitières (**MADR, 2021**), et une production annuelle estimée à 3,59 milliards de litres en 2019. Malgré ces chiffres, la production nationale reste insuffisante pour couvrir la demande, obligeant le pays à recourir à l'importation de poudre de lait, notamment pour l'industrie de transformation.

Afin de réduire la dépendance aux importations et renforcer la souveraineté alimentaire, les autorités algériennes ont initié plusieurs programmes de développement de la filière laitière, notamment par l'importation de génisses à haut potentiel laitier et le soutien à l'installation d'exploitations spécialisées (**Belhadia et al., 2014**). Cependant, ces initiatives ont rencontré de nombreux obstacles : infertilité, pathologies mammaires, conditions climatiques défavorables, modes de gestion inadaptés, et difficultés économiques. Tous ces facteurs limitent le rendement et la qualité du lait produit localement.

Dans ce cadre, l'amélioration de la qualité du lait devient une priorité, non seulement pour garantir sa valeur nutritionnelle, mais aussi pour optimiser sa transformation et assurer sa conformité aux normes sanitaires. Or, la qualité du lait est influencée par de nombreux facteurs, notamment la race de l'animal, la période de lactation, l'alimentation, l'hygiène de la traite, l'état de santé, et les conditions environnementales (**Vignola, 2002**). Une analyse rigoureuse de ses caractéristiques

physico-chimiques permet d'évaluer sa valeur technologique et sanitaire, et d'identifier les points d'amélioration dans les pratiques d'élevage.

En effet, les paramètres tels que le pH, la densité, la teneur en matières grasses et protéiques, sont des indicateurs directs de la qualité du lait. Leur variation peut signaler des déséquilibres alimentaires, des troubles métaboliques ou des infections, et affecter la transformation du lait en produits dérivés (beurre, fromage, yaourt). Ainsi, la caractérisation physico-chimique du lait constitue un outil essentiel pour l'optimisation des performances laitières, le suivi sanitaire du troupeau et la valorisation de la production locale (**Gondimo et al., 2024**).

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, qui a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache issu d'un élevage bovin de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). En analysant ces paramètres et en les mettant en relation avec les facteurs liés à l'animal et à son environnement, cette recherche vise à contribuer à une meilleure compréhension des conditions de production laitière locales, et à fournir des données utiles pour leur amélioration.

Cette étude est structurée en deux parties distinctes :

- Une étude bibliographique composée de deux chapitres explorant des généralités sur le lait, et la situation actuelle de la filière lait dans le monde et en Algérie.
- Une deuxième partie expérimentale, présentant le matériel et les méthodes utilisés pour cette étude, les résultats obtenus et leur discussion, ainsi qu'une conclusion et des perspectives pour le futur.

Partie bibliographique

CHAPITRE I

Généralités sur le lait

I.1. Définition de lait

Au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève en 1908, le lait a été défini comme « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Mathieu, 1997 ; Pougheon et Goursaud, 2001**).

Selon le Codex Alimentarius (**1999**), « le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite après la naissance des jeunes, obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation en tant que liquide ou à un traitement ultérieur ». Toutefois, le terme « lait » est réservé exclusivement au lait de vache, si ce n'est pas le cas, l'espèce animale doit être précisée (**Adib et Bertrand, 2009**).

Le lait est un liquide physiologique et comestible, sécrété par les mammifères pour nourrir leurs jeunes. Il est considéré comme un aliment complet et équilibré (**Aboutayeb, 2009**). Les laits de tous les mammifères contiennent les mêmes nutriments (eau, protéines, lactose, matières grasses, vitamines et minéraux) (**Mahe, 1996 ; Alais, 1998**). D'un point de vue physico-chimique, ce liquide est un produit très complexe. Pour comprendre et maîtriser ses transformations en produits laitiers, il est essentiel de connaître sa composition, sa structure et ses propriétés physiques et chimiques (**Amiot et al., 2002**).

I.2. Composition du lait

Par la complexité de sa nature et de la forme de ses composants, chaque type de lait est spécifiquement adapté pour répondre aux besoins nutritionnels et aux capacités digestives des nouveau-nés qu'il nourrit (**Ramet, 1985**). Ce liquide nourricier est constitué de plusieurs éléments, qui, selon leur teneur, ont été classés par **Pougheon et Goursaud (2001)** comme suit :

- **L'eau**, constituant majoritaire ;
- **Le lactose**, principal glucide ;
- **Les lipides**, principalement des triglycérides regroupés en globules ;

Chapitre I : Généralités sur le lait

- **Les protéines**, comprenant les caséines (organisées en micelles), les albumines et les globulines (solubles) ;
- **Les sels minéraux**, présents à l'état ionique ou moléculaire ;
- **Des éléments traces**, tels que les enzymes, les vitamines et les oligoéléments, ayant un rôle biologique important.

Selon **Kongo et Malcata (2016)**, la composition moyenne du lait est influencée par plusieurs facteurs, notamment l'espèce, la race, l'alimentation de l'animal et le stade de lactation.

I.2.1. Eau

L'eau est de loin le composant le plus abondant du lait. C'est dans cette eau que sont dispersés tous les autres constituants du lait ainsi que ceux de sa matière sèche (**Mathieu, 1997**). La proportion d'eau dans le lait varie de 81 à 87 % du volume total, en fonction de la race de la vache. L'eau se trouve sous deux formes : libre, constituant environ 96 % du volume total, et liée à la matière sèche, représentant environ 4 % du volume total (**Ramet, 1985**).

I.2.2. Glucides

Presque tous les glucides du lait de vache sont constitués par le lactose (Alais *et al.*, 2003). D'autres glucides peuvent être présents en faibles quantités, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines (**Amiot *et al.*, 2002**). Ce disaccharide est stable vis-à-vis des agents chimiques et a un goût sucré faible, avec un pouvoir sucrant six fois plus faible que le sucre ordinaire (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

I.2.3. Matières grasses

Les matières grasses, présentes sous forme de globules gras en émulsion dans le lait, constituent une suspension de globules liquides qui ne se mélangent pas avec l'eau du lait (**Wattiaux et Howard, 2006**). Elles sont produites en partie dans la mamelle de la femelle (**Chilliard, 1996**) et constituent avec les glucides les principales sources d'énergie pour l'animal (**Kongo *et al.*, 2016**). La teneur en matières grasses varie selon l'espèce, la race ou le génotype des animaux, leur stade de lactation et leur alimentation (**Lahrech, 2019**). Selon **Amiot *et al.* (2002)**, les matières grasses du

Chapitre I : Généralités sur le lait

lait se composent principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable (**Tableau 1**) constituée en grande partie de cholestérol et de bêta-carotène (**Chilliard, 1996 ; Amiot *et al.*, 2002**).

Tableau 1. Composition lipidique du lait de vache (**Amiot *et al.*, 2002**)

Constituants	mMatières grasses (%)
Triglycérides	98
Phospholipides	01
Fraction insaponifiable	01

I.2.4. Matières protéiques

Les protéines du lait se trouvent dans la phase aqueuse et sont principalement représentées, à environ 80 %, par la caséine, qui se présente sous forme de micelles (**Mahe *et al.*, 1993 ; Chanokphat, 2005**). La caséine est la protéine caractéristique du lait, connue pour sa capacité à être déstabilisée par voie acide ou enzymatique, permettant ainsi la coagulation (**Ramet, 1985**). Cette fraction micellaire varie quantitativement et qualitativement selon les espèces, mais au sein d'une même espèce, elle est pratiquement identique d'un individu à l'autre (**Martin, 1996 ; Morgan *et al.*, 2003**). Les 20 % restants de la fraction protéique sont constitués par les protéines solubles du lactosérum (albumines, globulines, protéases peptones) (**Collin *et al.*, 1991 ; Trujillo *et al.*, 2000 ; Chanokphat, 2005**). Contrairement à la caséine, ces protéines ne précipitent pas par acidification ni par action enzymatique, mais elles sont déstabilisées par la chaleur. Elles se caractérisent par une forte hydrophilie, leur conférant des propriétés fonctionnelles uniques, ainsi qu'une valeur nutritionnelle élevée (**Ramet, 1985**).

I.2.5. Sels minéraux

Les minéraux présents dans le lait se trouvent sous deux formes principales : libres dans la phase aqueuse ou liés aux caséines dans la phase micellaire. Ces deux formes sont en équilibre (**Daviau *et al.*, 2000**), un équilibre qui peut être modifié par des changements physico-chimiques du milieu, tels que des variations de température, de pH, ou l'ajout de calcium et/ou de phosphore (**Le Jaouen, 1986**). Les minéraux jouent un rôle important dans la stabilité des micelles de caséines

Chapitre I : Généralités sur le lait

(**Gaucheron, 2005**), car les teneurs en calcium, en phosphore et en caséines influencent le pouvoir tampon du lait. Le pouvoir tampon est la capacité d'une solution à résister à une diminution de pH même en présence d'acide.

St-Gelais et al. (2000) notent qu'en matière de fabrication fromagère, un lait faiblement tamponné coagulera plus rapidement qu'un lait fortement tamponné. De plus, pour obtenir le même temps de coagulation, il faudra moins d'agents coagulants pour un lait faiblement tamponné que pour un lait fortement tamponné.

La quantité de minéraux contenus dans le lait varie entre 0,7% et 0,9% selon la saison et l'alimentation. Les principaux minéraux du lait sont présentés dans le tableau 2 (**Vuillmard, 2018**).

Tableau 2 Composition minérale du lait de vache (**Vuillmard, 2018**).

Minéraux	Teneur (mg/kg)	Minéraux	Teneur (mg/kg)
Sodium	450	Calcium	1200
Magnésium	110	Fer	0,45
Phosphore	920	Cuivre	0,15
Chlore	1100	Zinc (	3,80
Potassium	1500	Iode	0,08

I.2.6. Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiques essentielles et des cofacteurs dans les réactions enzymatiques et les échanges au niveau des membranes cellulaires, ce qui les rend indispensables à la vie (**Amiot et al., 2002**). Elles sont présentes dans le lait en quantités très faibles (**Pougheon et Goursaud, 2001**) et se divisent en deux types : les vitamines hydrosolubles (groupe B et vitamine C) et les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**Jeantet et al., 2008**).

I.2.7. Composition enzymatique

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par des cellules vivantes ; chaque enzyme possède son point isoélectrique et s'avère vulnérable à plusieurs agents dénaturants : la variation de pH, la température, la force ionique et les solvants organique (**Amiot et al., 2002**).

Chapitre I : Généralités sur le lait

Elles sont des catalyseurs, car elles agissent sur des réactions biochimiques (**Pougheon et Goursaud, 2001**). D'après **Amiot et al. (2002)**, le lait contient trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases et les oxygénases.

I.2.8. Comparaison des compositions des laits de différentes espèces animales

Les données présentées dans le tableau 3 ci-dessous illustrent les compositions chimiques du lait des différentes espèces animales.

Tableau 3 Composition chimique du lait de quelques espèces animales (**Alais, 1984**)

Animaux	Eau (%)	Matières grasses (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,8	3,3	4,7	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7

I.3. La qualité organoleptiques du lait de vache

L'analyse organoleptique est une évaluation qualitative du lait qui ne peut être précisée que par comparaison avec du lait frais (**Vierling, 2003**). Cette évaluation comprend une phase visuelle, une phase olfactive et une phase gustative (**Maldonado et Burgos, 2015**), réalisée à travers une analyse sensorielle impliquant les organes sensoriels (vue, toucher, ouïe, odorat et goût) (**LAS, 2011**).

- La phase visuelle implique l'observation du lait et l'appréciation de sa couleur, de sa brillance, de sa viscosité et de sa propreté. La viscosité du lait est influencée par les particules colloïdales émulsifiées et dissoutes, principalement la teneur en graisse et en caséine (**Rheotest, 2010**).
- La phase gustative évalue le goût du lait, qui varie selon la température de dégustation et l'alimentation de l'animal (**Vierling, 2003; Fredot, 2006**).
- La flaveur du lait est largement attribuée à sa matière grasse, qui fixe des composés aromatiques et lui donne des odeurs animales caractéristiques. Ces odeurs sont influencées par les conditions de traite, l'alimentation (notamment les fourrages à base d'ensilage

Chapitre I : Généralités sur le lait

favorisant la flore butyrique) et la conservation (l'acidification par l'acide lactique confère une odeur aigrelette au lait) (**Vierling, 2003 ; Fredot, 2006 ; Bidot Fernández, 2017**). Cette flaveur est accentuée par la lipolyse et disparaît après ébullition (**Jaubert, 1997**).

Le lait de vache est un liquide opaque de couleur blanchâtre, pouvant être plus ou moins jaunâtre selon sa teneur en β -carotène et en matière grasse. Il a une saveur douce et une odeur faible mais identifiable. Son pH est proche de la neutralité (**Adrian *et al.*, 1995**).

I.4. Caractéristiques physico-chimiques du lait

Selon **Amiot *et al.* (2002)**, les caractéristiques physico-chimiques les plus utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, l'acidité, le point de congélation et le point d'ébullition. Le rapport entre certains éléments du lait est très stable, ce qui permet d'identifier une altération de sa composition naturelle. Par exemple, l'ajout d'eau dans le lait peut être détecté par des valeurs anormales de sa densité et de son point de congélation, qui sont préalablement spécifiques (**Wattiaux et Howard, 2006**).

I.4.1. Le pH

Le pH exprime la concentration des ions H^+ en solution et reflète l'état de fraîcheur et la stabilité du lait, car ce paramètre influence la solubilité des lactoprotéines (**Amiot *et al.*, 2002**). Le pH du lait cru se situe normalement entre **6,4** et **6,7**, bien que cette valeur ne soit pas constante. La race et l'alimentation des animaux sont des facteurs qui peuvent modifier le pH du lait (**Arroum *et al.*, 2016**).

I.4.2. Acidité

L'acidité titrable mesure la quantité totale d'ions H^+ disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés ou non, et elle est exprimée soit en pourcentage d'équivalents d'acide lactique (%), soit en degrés Dornic ($^{\circ}D$) (**Amiot *et al.*, 2002**). L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait, car elle résulte du développement de la flore lactique, lequel est influencé par l'augmentation de la température et la durée de conservation (**Mahieddine *et al.*, 2017**). Une acidité élevée peut indiquer une dégradation microbienne (**Walstra et Jenness, 1984**).

I.4.3. Densité

Il est important de noter que le terme anglais « density » peut prêter à confusion car il fait référence à la masse volumique et non à la densité. Ainsi, la densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui représente le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**).

De plus, la densité est influencée par deux facteurs principaux : la concentration des éléments dissous et en suspension (solides non gras), qui ont tous une densité supérieure à 1. Par conséquent, la densité du lait varie proportionnellement à leurs concentrations. De même, la proportion de matière grasse, dont la densité est inférieure à 1, affecte également la densité totale du lait. Ainsi, une augmentation de la teneur en matière grasse diminue la densité globale du lait, tandis qu'un écrémage augmente cette densité (**Amiot et al., 2002**).

1.4.4. Le point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure en raison de la présence de solides solubilisés, ce qui abaisse ce point (**Neville et Jensen, 1995**). Cette caractéristique est la plus stable du lait, mesurée à l'aide d'un cryoscope (**Amiot et al., 2002**). En général, toute modification des composants du lait ou tout traitement qu'il subit entraîne une variation de son point de congélation (**Mathieu, 1997**). Par exemple, un point de congélation anormalement élevé peut indiquer une addition d'eau, phénomène appelé mouillage (**Mahaut et al., 2000; Amiot et al., 2002**).

I.4.5. Point d'ébullition

Selon **Amiot et al. (2002)**, le point d'ébullition est la température à laquelle la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution égale la pression atmosphérique. Le point d'ébullition du lait atteint 100,5°C, légèrement supérieur à celui de l'eau, en raison de la présence des solides solubilisés.

Dans le tableau 4 ci-dessous les principales caractéristiques physiques utilisés dans l'industrie laitière.

Tableau 4 Quelques paramètres physiques utilisés dans l'industrie laitière (**Walstra et Jenness (1984 ; Walstra *et al.*, 1999 ; Walstra *et al.*, 2006)**).

Propriété	Valeur
Densité	1,028 - 1,034 g/cm ³
Acidité	0,14 - 0,16 % d'acide lactique
pH	6,6 - 6,8
Point de congélation	-0,52 à -0,53 °C
Point d'ébullition	100,2 - 100,5 °C

I.5. Facteurs de variations dans la composition du lait cru de vache

La composition chimique du lait ainsi que ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet de nombreux facteurs bien connus. Ces facteurs sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit au milieu et aux conditions d'élevage (saison, climat, alimentation, etc.) (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

I.5.1. Facteurs intrinsèques

I.5.1.1. Facteurs génétiques

Les différences génétiques entre troupeaux sont relativement faibles, en raison d'une grande homogénéité dans les choix de sélection opérés par les éleveurs, principalement axés sur les caractères de production (**Agabriel *et al.*, 1993**). La composante génétique reste néanmoins un facteur majeur des variations biochimiques, notamment en ce qui concerne le taux butyreux. Des écarts significatifs peuvent ainsi être observés aussi bien au sein d'une même race qu'entre différentes races (**Mansour, 2015**).

I.5.1.2. Stade de lactation

Au cours de la lactation, la teneur en matière grasse évolue de manière inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Elle est maximale durant les premiers jours de lactation, minimale entre le 2^e et le 3^e mois, puis augmente de nouveau en fin de lactation. Cette hausse en fin de lactation est partiellement liée à l'avancement de la gestation, qui réduit la persistance de la production laitière et influe également sur le taux protéique et le taux butyreux (**Coulon *et al.*, 1991**).

I.5.2. Facteurs extrinsèques

I.5.2.1. Alimentation

L'alimentation joue un rôle essentiel dans la modulation des constituants du lait. Elle agit à court terme, mais de manière différenciée, sur le taux butyreux (matière grasse) et sur le taux protéique. Des apports ciblés en acides aminés essentiels, notamment en lysine et méthionine, peuvent contribuer à l'amélioration du taux protéique (**Hoden et Coulon, 1991**). Par ailleurs, plusieurs types d'aliments favorisent la synthèse de la matière grasse et peuvent ainsi contribuer à l'élévation du taux butyreux. C'est notamment le cas des fourrages riches et de l'ensilage de maïs, reconnus pour leur effet positif sur la composition lipidique du lait (**Hoden et Coulon, 1991**).

I.5.2.2. Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à isoler en raison de l'interaction complexe avec le stade physiologique des animaux et les facteurs alimentaires (**Coulon et al., 1991**). Lorsque les apports alimentaires restent relativement stables ou ne constituent pas un facteur limitant, il devient alors possible d'estimer de manière fiable l'effet saisonnier propre, notamment en lien avec des variables telles que la photopériode et la température (**Coulon et al., 1991**).

CHAPITRE II

Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

Chapitre II: La Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

II.1. Aperçu de la production mondiale de lait

En 2023, la production mondiale de lait s'élevait à 968 millions de tonnes, répartie de manière inégale entre différentes espèces animales (vaches, bufflonnes, chèvres, brebis, chamelles) et régions géographiques (**FAOSTAT, 2025**) (**Tableau 5**). Les vaches dominent largement avec 81 % de la production mondiale, suivies des bufflonnes à 15 %, des chèvres à 2 %, tandis que les brebis et les chamelles contribuent respectivement pour 1 % et 0,3 %. L'Asie est le principal producteur avec 450 millions de tonnes, représentant 46 % de la production mondiale, suivie par l'Europe (24 %), les Amériques (21 %), l'Afrique (5 %) et l'Océanie (4 %).

Comparativement à d'autres animaux laitiers, les bovins présentent plusieurs avantages en termes de facilité de traite, taille de la mamelle, capacité de stockage du lait et rendement laitier élevé. Cependant, dans les pays en développement, bien qu'il y ait une prévalence plus élevée de vaches laitières, celles-ci tendent à avoir des rendements laitiers plus faibles et des périodes de lactation plus courtes. Les défis rencontrés dans ces régions incluent des conditions climatiques difficiles, une qualité médiocre des fourrages, des rations alimentaires souvent insuffisamment enrichies en concentrés, un potentiel génétique limité des animaux polyvalents, et une prévalence élevée des maladies (**FAO, 2022**).

Tableau 5 Production laitière mondiale en 2023 (tonnes), par espèce animale et par continent (**FAOSTAT, 2025**).

Espèces animales	Régions géographiques					TOTAL
	Afrique	Amérique	Europe	Asie	Océanie	
Vache	42093680,06	200078634,72	227945120,98	283051007,83	29733308,75	782901752,3
Chèvre	4544767,21	839250,22	2997820,1	12475934,01	40,04	20857811,58
Brebis	2419836,22	35169,73	3066305,31	4496023,93	-	10017335,19
Chamelle	2817753,97	-	28,16	1278190	-	4095972,13
Bufflesse	1357666,67	-	293042,71	148688015,98	-	150338725,4
TOTAL	53233704,13	200953054,7	234302317,3	449989171,8	29733348,79	968211596,7

Chapitre II: La Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

II.2. Analyse de la filière lait en Algérie

II.2.1. Evolution des effectifs de vaches laitières

Le cheptel de vaches laitières en Algérie a augmenté progressivement entre 2015 et 2023. En 2015, le pays comptait environ 1,2 million de vaches laitières, un chiffre qui est passé à 1,5 million en 2023 (**MADR, 2023**). Cette croissance est le résultat de programmes gouvernementaux visant à encourager l'élevage laitier, notamment par l'importation de races bovines à haut rendement comme la Prim'Holstein et la Montbéliarde (**FAO, 2021**). Cependant, la productivité par vache reste faible comparée aux standards internationaux, avec une moyenne de 2 500 litres par an, contre plus de 6 000 litres dans les pays européens (**Institut Technique de l'Élevage, 2022**).

II.2.2. Aperçu sur la production laitière en Algérie

En 2023, la production nationale du lait était de 3,3 millions de tonnes réparties entre des différentes espèces animales élevées en Algérie (vache, chèvre, brebis et Chamelle). Les vaches sont les plus productrices laitières (2,4 millions de tonnes soit 73% de la production nationale) suivie par le lait de brebis (16%), le lait de chèvre (10%) et enfin le lait de chamelle qui est marginal (0,45%) (**FAOSTAT, 2025**).

En 2020, les besoins de consommation en lait et produits laitiers en Algérie étaient estimés à 5 millions de tonnes par an, dont 70 % couverts par la production locale. L'Algérie est par ailleurs le premier consommateur de produits laitiers en Afrique du Nord (**Agence Ecofin, 2020**).

La disponibilité laitière *per capita* dans notre pays (71 kg/habitant/an) est loin de celle enregistrée dans le monde (119 kg/habitant/an), mais supérieure à la disponibilité théorique enregistrée dans le continent africain (35,16 kg/habitant/an) (**FAOSTAT, 2025**).

Chapitre II: La Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

II.2.3. Collecte de lait : Évolution du nombre de laiteries en Algérie

Le nombre de laiteries en Algérie a augmenté de manière significative au cours des dernières années. En 2015, le pays comptait environ 120 laiteries, un chiffre qui est passé à 160 en 2023 (**MADR, 2023**). Cette croissance est due à des investissements publics et privés dans le secteur, ainsi qu'à une meilleure organisation de la collecte de lait cru. Cependant, la capacité de collecte reste insuffisante, avec seulement 40 % du lait produit étant collecté et transformé de manière industrielle. Le reste est soit consommé directement par les producteurs, soit vendu sur les marchés informels (**ONS, 2023**).

II.2.4. Consommation de lait en Algérie

La consommation de lait en Algérie a connu une progression régulière, passant de 4 milliards de litres en 2015 à 5 milliards de litres en 2023 (**ONS, 2023**). Cette augmentation s'explique principalement par la croissance démographique et l'évolution des habitudes alimentaires, marquées par une préférence croissante pour les produits laitiers transformés, tels que le yaourt et le fromage.

En 2022, la consommation annuelle par habitant était estimée à 120 litres, un niveau relativement élevé comparé à d'autres pays de la région (**FAO, 2022**). Toutefois, cette consommation demeure inégalement répartie, avec des écarts notables entre les zones urbaines et rurales (**Laouadi et al., 2022**).

II.2.5. Déséquilibre entre production et consommation de lait en Algérie

Le déficit entre la production nationale et la consommation de lait en Algérie est un problème structurel. En 2023, la production locale couvrait seulement 70 % des besoins nationaux, créant un déficit de 1,5 milliard de litres comblé par les importations (**MADR, 2023**). Ce déséquilibre est dû à plusieurs facteurs, notamment la faible productivité des élevages, les pertes post-récolte et la mauvaise organisation de la filière.

Pour réduire ce déficit, le gouvernement a mis en place un plan stratégique visant à augmenter la production à 4 milliards de litres d'ici 2025, tout en améliorant la qualité et la traçabilité du lait (**MADR, 2022**). Cependant, ces objectifs restent ambitieux et dépendent de la capacité à moderniser les exploitations et à former les éleveurs.

Chapitre II: La Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

II.2.6. Contraintes de la filière laitière en Algérie

Le développement de la filière laitière en Algérie est freiné par plusieurs contraintes, classées en trois grandes catégories :

A. Contraintes techniques

La productivité des vaches laitières reste faible, avec une moyenne annuelle de 2 500 litres, bien en dessous de la moyenne mondiale. Cette faiblesse s'explique par un manque de formation des éleveurs, une alimentation animale déséquilibrée, une insuffisance en génétique améliorée et des infrastructures vétustes de collecte et de stockage du lait, entraînant des pertes importantes (ITELV, 2023).

B. Contraintes socio-économiques

Les coûts croissants des aliments pour bétail, qui ont augmenté de 15 % en 2024, réduisent les marges des éleveurs. Par ailleurs, les petits producteurs font face à un accès limité au crédit et à une faible valorisation du lait local, concurrencé par les importations de poudre de lait souvent subventionnées à l'étranger. La filière manque ainsi de compétitivité sur le marché (FAO, 2021 ; ITELV, 2024).

C. Contraintes structurelles et organisationnelles

La filière souffre d'une forte informalité, avec plus de 60 % des éleveurs hors des circuits organisés, limitant l'accès aux services essentiels. Le manque de coordination entre acteurs, la faiblesse des coopératives et l'absence de politiques publiques efficaces freinent la structuration du secteur. À cela s'ajoute l'absence de normes strictes de qualité et de traçabilité des produits (MADR, 2022 ; CNIS, 2023).

II.2.7. Mesures de soutien à la filière laitière en Algérie

L'Algérie a mis en place diverses mesures pour stimuler la production laitière locale et réduire sa dépendance aux importations (ONIL, 2023).

- **Soutien étatique** : L'État intervient à travers un plan national de développement de la filière, incluant des subventions pour les aliments pour bétail, des prêts à taux zéro pour

Chapitre II: La Situation de la filière lait dans le monde et en Algérie

les éleveurs, et des aides à la modernisation des fermes. Des protections douanières sont également instaurées pour limiter les importations concurrentielles.

- **Appui institutionnel** : Des institutions techniques jouent un rôle crucial :

ITELV : Formation des éleveurs et amélioration génétique.

CNIAAG : Coordination des acteurs et plaidoyer.

ITGC : Développement des cultures fourragères.

INMV : Santé animale et prévention des maladies.

Rôle de l'ONIL : L'Office National Interprofessionnel du Lait fixe les prix, coordonne les acteurs de la filière, promeut le lait local et veille au respect des normes de qualité.

- **Contrôle de la qualité**

Les autorités ont renforcé les inspections et la traçabilité pour garantir la conformité sanitaire des produits laitiers, sous la supervision du CNIS (**CNIS, 2023**).

- **Contraintes persistantes** : Malgré les efforts, la filière reste entravée par une forte informalité, un manque de coordination entre acteurs, une absence de normes strictes, une faible implication des coopératives (**MADR, 2022**).

Partie expérimentale

CHAPITRE III

Matériel et Méthodes

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité du lait de vache à partir de l'analyse de ses caractéristiques physico-chimiques. Elle vise également à étudier l'influence de certains facteurs de variation, notamment la parité et le stade de lactation, sur ces paramètres. L'identification de ces effets permet une meilleure compréhension des éléments pouvant altérer ou améliorer la qualité du lait, en vue d'optimiser les pratiques d'élevage et de production laitière.

III.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans une ferme privée (**Figure 1**), située dans le village de Chamlal, dans la wilaya de Tizi Ouzou. L'élevage comprend 150 bovins, dont 110 vaches laitières de race Prim'Holstein pie noire. La vocation zootechnique de l'exploitation est principalement orientée vers la production laitière.



Figure 1. Vue d'ensemble de la ferme (Photo personnelle)

III.2. Animaux

L'étude a été menée sur un effectif de 50 vaches laitières de race Prim'Holstein pie noire, réparties en 12 primipares et 38 multipares.



Figure 2. Vaches laitières de l'étude (Photo personnelle)

III.3. Méthodes

L'étude a porté sur l'analyse physico-chimique du lait cru individuel prélevé sur 50 vaches laitières. Les échantillons, constitués de lait entier non traité (**figure 3**), ont été collectés lors de la traite du matin. Les flacons stériles contenant le lait collecté ont été conservé au congélateur à -20°C jusqu'au jour des analyses.



Figure 3. Echantillons de lait analysés (Photo personnelle)

Les paramètres analysés sont les suivants :

- Matière sèche ou extrait sec total (EST).
- Solides non gras ou extrait sec dégraissé (ESD).
- Matière grasse ou taux butyreux.
- Protéines ou taux protéique.
- Lactose
- Sels minéraux
- Densité
- Point de congélation
- Présence éventuelle d'eau ajoutée

Les dosages ont été réalisés à l'aide d'un automate Milkotester (**figure 4**), au sein du laboratoire de recherche GRAL (*Gestion des Ressources Animales Locales*) de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire (ENSV) d'Alger.

Toutes les analyses chimiques sont réalisées en double pour chaque échantillon et la moyenne a été prise.

Description de l'appareil

Le Mini Milkotester (**figure 4**) est un appareil portatif et automatisé conçu pour effectuer rapidement l'analyse physico-chimique du lait. Compact et facile d'utilisation, il permet de mesurer en un seul passage la teneur en matière grasse, protéines, lactose, matière sèche, ainsi que la densité, le point de congélation et la détection d'eau ajoutée. Il fonctionne selon une technologie à ultrasons ou à infrarouge, sans recourir à des réactifs chimiques, ce qui le rend particulièrement adapté aux analyses en ferme ou en laboratoire. Sa précision et sa rapidité en font un outil précieux pour le contrôle de la qualité du lait à différentes étapes de la chaîne de production.



Figure 4 : Milkotester utilisé pour l'analyse physico-chimique du lait (Photo personnelle).

Etapes d'analyse

Le lait à analyser est versé dans un tube prévu à cet effet, puis l'électrode du Milkotester est immergée dans l'échantillon. L'analyse est déclenchée en appuyant sur le bouton « Start », et les résultats des paramètres physico-chimiques s'affichent automatiquement sur l'écran de l'appareil après environ 20 secondes. Après chaque analyse, l'appareil est nettoyé à l'eau distillée afin d'éliminer les résidus de lait pouvant persister dans l'électrode. Cette étape permet d'éviter les contaminations croisées entre les échantillons et d'assurer la fiabilité des résultats.

III.4. Analyse statistique des données

Les données recueillies ont été regroupées dans un fichier Excel (**version 2007**) en vue de leur traitement statistique. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R (**version 3.1.1**). Des statistiques descriptives (moyennes et écarts types) ont été utilisées pour caractériser les paramètres physico-chimiques du lait.

L'effet des facteurs stade de lactation et parité sur ces paramètres a été évalué à l'aide d'une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur, afin de déterminer l'existence de différences significatives entre les groupes (avec un seuil de signification à 0,05).

CHAPITRE IV

Résultats et Discussion

Les moyennes des résultats des analyses physico-chimiques du lait de vache sont présentées dans le tableau 6. Au total 9 paramètres ont été analysés.

Tableau 6 Moyennes des paramètres physico-chimiques des échantillons de lait cru analysés.

Paramètres	Moyenne±écart type
Matière sèche (%)	11,58±1,16
Solides non gras (%)	9,65±0,55
Matière grasse (%)	1,92±0,92
Protéines (%)	3,51±0,21
Lactose (%)	5,32±0,31
Sels (%)	0,79±0,05
Densité (gr /cm ³)	34,37±1,97
Point de congélation	-0,6115±0,0403
Eau ajouté (ml)	0,00±

IV.1. La matière sèche ou Extrait Sec Total (EST)

Dans cette étude, la matière sèche moyenne obtenue est de $11,58 \pm 1,16$ %, une valeur légèrement inférieure à celle fixée par le Codex Alimentarius FAO/WHO (2001), qui recommande une valeur minimale de 11,80 % (3,3 % MG + 8,5 % SNF) pour le lait de vache destiné à la consommation.

À ce jour, il n'existe aucune norme algérienne officielle fixant une valeur minimale d'extrait sec total pour le lait cru. Cela rend difficile l'interprétation réglementaire stricte, mais la norme Codex (FAO) reste un référentiel international de référence.

La matière sèche du lait représente l'ensemble des constituants nutritifs autres que l'eau, à savoir la matière grasse, les protéines, le lactose et les minéraux. Elle correspond à l'extrait sec total (EST), défini comme la somme des solides non gras (SNF) et de la matière grasse (MG). Elle est donc directement influencée par la teneur en MG et SNF, qui varient selon plusieurs facteurs (alimentation, stade de lactation, race, conditions d'élevage...).

Comparativement à d'autres travaux :

- **Ahmidat et Okazi (2023)** dans la région de Djelfa ont rapporté une moyenne plus élevée de $12,60 \pm 0,60$ % pour le lait de vache..
- **Otmane Rachedi et al. (2022)** dans la région d'El Tarf ont trouvé une moyenne plus proche de la nôtre, à $11,33 \pm 0,90$ %.
- **Matallah et al. (2017)**, dans leur étude sur des races locales, ont observé une moyenne de 12,00 %.
- Une référence plus ancienne, **Mathieu (1989)**, indique une valeur de 11,90 %, proche de la norme Codex.

Ces résultats montrent que la valeur obtenue dans notre étude est inférieure à la norme Codex, mais reste dans la fourchette observée en Algérie, notamment dans des régions où les conditions d'élevage peuvent affecter la composition du lait.

IV.2. Solides non gras (SNG ou SNF)

Les solides non gras correspondent à l'ensemble des constituants du lait à l'exclusion de l'eau de la matière grasse. Leur composition sera analysée à travers l'étude des différents éléments du lait présentés dans les sections suivantes.

IV.3. Taux butyreux

Dans notre étude, la teneur moyenne en matière grasse mesurée dans le lait de vache est de $1,92 \pm 0,92$ %, soit une valeur nettement inférieure aux standards généralement attendus pour la race Prim'Holstein, dont les niveaux de référence ne doivent pas être inférieurs à 3,3% (Codex Alimentarius, FAO/WHO, 2001). Ce taux anormalement bas pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs physiologiques et environnementaux.

La matière grasse est l'un des composants majeurs du lait, jouant un rôle essentiel à la fois sur le plan nutritionnel et technologique. Elle représente la principale source d'énergie du lait et contribue fortement à ses qualités organoleptiques, notamment la saveur, la texture et la valeur marchande des produits laitiers dérivés (**Ramet, 1985 ; Vignola, 2002**).

Selon **Chilliard *et al.* (2000)**, un taux butyreux faible peut être lié à :

- Un stade de lactation précoce, notamment au moment du pic de production où le lait est physiologiquement plus dilué ;
- Une alimentation déséquilibrée, en particulier une ration pauvre en fibres, qui influence négativement la synthèse de matière grasse au niveau du rumen ;
- Une production laitière élevée, engendrant un effet de dilution sur les constituants du lait, dont les lipides.

La dynamique de la lactation a également un impact marqué sur ce paramètre. D'après **Bedouet (1994)**, **Ennuyer (1994)** et **Martinot (2006)**, le taux de matière grasse est élevé au cours du premier mois de lactation, diminue au second mois, puis remonte progressivement à partir du troisième ou quatrième mois. Cette variation physiologique expliquerait en partie la faiblesse du taux observé, surtout si les vaches étaient majoritairement en phase de début de lactation au moment du prélèvement.

Mietton *et al.* (1994) soulignent par ailleurs que la matière grasse est le constituant le plus fluctuant du lait, sa teneur variant non seulement entre les individus, mais également au sein d'un même troupeau, en fonction de la traite, du mois de lactation et des conditions d'élevage.

En comparaison avec d'autres études menées en Algérie :

- **Ahmidat et Okazi (2023)** dans la région de Djelfa ont rapporté une moyenne de 3,37 g/L, ce qui est conforme aux standards pour la race Prim'Holstein.
- **Hocini et Sennour (2018)**, dans la région de Tizi Ouzou, ont obtenu une valeur très élevée de 31,4 g/L, ce qui pourrait s'expliquer par une méthode de mesure différente ou un stade tardif de lactation.
- **Badache et Meriane (2022)** dans la région de Tizi Ouzou ont trouvé une moyenne de 2,93 %, ce qui reste supérieur à notre valeur, mais toujours en deçà des standards internationaux.

Ces résultats suggèrent que la teneur en matière grasse observée dans notre étude pourrait résulter d'un ensemble de facteurs combinés, notamment le stade physiologique des animaux, leur régime alimentaire et les pratiques d'élevage. Il serait pertinent, pour des études futures, de corrélérer ces facteurs plus finement afin d'identifier les leviers d'action pour améliorer la qualité lipidique du lait produit localement.

IV.4. Taux protéique

Dans notre étude, la teneur moyenne en protéines du lait de vache analysé est de $3,51 \pm 0,21$ %, une valeur qui se situe dans la fourchette normale attendue pour le lait bovin, généralement comprise entre 2,9 et 3,5 % selon **Alais et al. (2003)**. Ce résultat reflète une bonne qualité nutritionnelle du lait, traduisant une alimentation équilibrée, une bonne santé mammaire et un niveau génétique favorable à la synthèse protéique.

Les protéines du lait peuvent être influencée par plusieurs facteurs biologiques et zootechniques, notamment la race, le niveau énergétique et azoté de la ration, le stade de lactation, ainsi que le climat et la saison (**Martin et Coulon, 1995**).

Sur le plan physiologique, le taux protéique est généralement élevé au cours de la première semaine de lactation, puis diminue au pic de production autour du 2^e mois, en raison d'un effet de dilution, avant de remonter progressivement jusqu'en fin de lactation, à raison d'environ 1 g/L par mois (**Bedouet, 1994 ; Ennuyer, 1994 ; Martinot, 2006**). La valeur de 3,51 % observée est la moyenne de 50 prélèvements provenant de 50 vaches trouvées à différents stades de lactation.

Par comparaison, d'autres travaux menés en Algérie rapportent des valeurs plus faibles :

- **Matallah et al. (2017)** sur des races locales : 3,28 %.
- **Badache et Meriane (2022)** à Tizi Ouzou : 2,96 %.
- **Hocini et Sennour (2018)** à Tizi Ouzou : 2,85 %.

Ces écarts pourraient s'expliquer par des différences de race, de niveau de production, ou de systèmes d'élevage (extensif vs intensif). En effet, selon **Pissavy et Dezendre (2006)**, certaines races sont génétiquement plus prédisposées à produire un lait riche en protéines. Par ailleurs, la norme **FIL-AFNOR (1986)** et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA**) fixent une

teneur moyenne en protéines entre 32 et 36 g/L (soit 3,2 à 3,6 %), ce qui rend notre résultat conforme aux exigences qualitatives officielles.

IV.5 Lactose

Le lactose est le principal glucide du lait de vache, représentant généralement entre 4,6 et 4,9 % du lait, soit environ 46 à 49 g/L selon **Alais *et al.* (2003)** et **Vignola (2002)**. Il joue un rôle essentiel dans l'apport énergétique du lait.

Dans notre étude, la teneur moyenne en lactose mesurée est de **5,32 ± 0,31 %**, soit environ **53,2 g/L**, une valeur légèrement supérieure aux standards habituellement rapportés. Cette élévation peut refléter plusieurs éléments positifs :

- Un stade de lactation précoce, période où la production de lactose est maximale, car elle est fortement corrélée à la quantité de lait produite (**Salmon-Legagneur, 2005**) ;
- Une alimentation bien équilibrée, riche en énergie digestible, favorisant une synthèse glucidique efficace (**Nielsen *et al.*, 2005**).

Comparativement aux données régionales, nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans la région de Tizi Ouzou :

- **Badache et Meriane (2022)** : 3,75 %.
- **Hocini et Sennour (2018)** : 4,27 %.
- **Matallah *et al.* (2017)** sur des races locales : 3,59 %.

Les valeurs observées dans notre étude dépassent également celles rapportées par :

- **Rahan et Si Tahar (2009)** : 41,37 g/L.
- **Belkhir *et al.* (2015)** : 39,85 à 43,15 g/kg, avec un maximum de 47,40.
- **Labioui *et al.* (2009)** au Maroc : 43,51 g/L.

En comparaison aux normes fixées par la **FAO (2010)**, soit 48 à 52 g/L, notre valeur est légèrement supérieure à la limite supérieure, mais reste dans l'intervalle global rapporté par plusieurs études.

IV.6 Sels minéraux

Les sels minéraux, aussi appelés cendres, représentent une fraction constante mais essentielle du lait de vache, avec des teneurs généralement comprises entre 0,70 et 0,90 % (**Ramet, 1985**). Dans notre étude, la valeur moyenne mesurée est de **0,794 %**, soit **7,94 g/L**, ce qui se situe parfaitement dans les limites de référence, traduisant un équilibre ionique normal du lait.

Nos résultats sont proches de ceux rapportés par **Otmame Rachedi et al. (2022)** dans la région d'El Tarf, avec une moyenne de 0,72 % (soit 7,216 g/L). Toutefois, ils restent légèrement inférieurs à la valeur moyenne de 9 g/L mentionnée par la **FAO (1995)** à l'échelle internationale, ce qui peut s'expliquer par des facteurs tels que la race, le type de sol, l'alimentation minérale, ou encore les pratiques de rationnement spécifiques à chaque région.

IV.7. Densité

La densité du lait est une propriété physique importante, utilisée comme indicateur indirect de la teneur en matière sèche totale. Elle reflète principalement la proportion de matières dissoutes dans le lait (protéines, lactose, minéraux), et varie inversement avec la teneur en matière grasse (**Le Mens, 1985 ; Vignola, 2002**).

Selon les sources de référence, la densité du lait de vache à 20 °C se situe généralement entre 1,028 et 1,035 g/cm³ (**Ramet, 1985 ; Vignola, 2002 ; Amiot et al., 2002**). Le Codex Alimentarius (**FAO, 2011**) et les normes **AFNOR (1993)** fixent un intervalle réglementaire de 1,026 à 1,032. Dans notre étude, la valeur moyenne obtenue (indice affiché de 34,374) correspond, après conversion, à une densité approximative de **1,034 g/cm³**, parfaitement conforme aux normes internationales.

Cette valeur est également proche de celles rapportées dans d'autres études nationales :

- **Matallah et al. (2017)** : 1,030 ± 2,78.
- **Badache et Meriane (2022)** : 1026,78 ± 1,75.

Une densité anormalement basse peut indiquer une fraude par dilution à l'eau, tandis qu'une densité excessivement élevée pourrait traduire une concentration en solides, notamment en cas de mammites subclinique ou de déshydratation partielle du lait (**Fernandez *et al.*, 2018**).

IV.8. Point de congélation

Le point de congélation est un paramètre physico-chimique sensible, utilisé comme critère réglementaire pour vérifier l'authenticité et l'intégrité du lait cru. En effet, toute dilution à l'eau a pour effet de rehausser ce point, le rendant moins négatif. Ainsi, il s'agit d'un indicateur indirect fiable de la concentration en solides dissous (protéines, lactose, sels minéraux).

Selon les standards internationaux :

- Le Codex Alimentarius (**FAO, 2011**) fixe une plage de $-0,545^{\circ}\text{C}$ à $-0,525^{\circ}\text{C}$ pour le lait de vache cru ;
- **Ramet (1985) et O'Connor (1994)** indiquent un intervalle compris entre $-0,520^{\circ}\text{C}$ et $-0,550^{\circ}\text{C}$;
- **Mathieu (1998)** confirme une plage de $-0,54$ à $-0,55^{\circ}\text{C}$.

Dans notre étude, la valeur moyenne mesurée du point de congélation est de $-0,6115^{\circ}\text{C}$, soit une valeur plus négative que les seuils standards. Cette observation est significative, car elle exclut toute suspicion de dilution à l'eau et suggère au contraire une concentration légèrement plus élevée en matières sèches, en lien possible avec une bonne alimentation, une absence de mammites, ou un stade avancé de lactation.

IV.9. Eau ajoutée

L'Eau ajoutée est nul pour tous les échantillons analysés, ce qui indique qu'aucune dilution frauduleuse du lait n'a été détectée. Cette absence de fraude est essentielle pour garantir la conformité aux normes de qualité commerciale et pour éviter la baisse de la densité et du taux de matières sèches (**Ledenbach et Marshall, 2009**). La vérification de l'ajout d'eau repose également sur la mesure du point de congélation, qui est particulièrement sensible à toute dilution.

IV.10. Effet des facteurs de variations sur les caractéristiques physico-chimiques

Selon les données fournies par l'éleveur de la ferme ou la présente étude a été menée, deux facteurs de variation liés à l'animal ont pu être testés et analysés :

- **La parité** avec deux modalités : primipares (une seule lactation avec un effectif de 12 vaches) et multipares (plus d'une lactation avec un effectif de 38 vaches).
- **Le stade de lactation** : début de lactation (1 du vêlage jusqu'à 3 mois post-partum), l milieu de lactation (plus de 3 mois à 6 mois) et fin de lactation (plus de 7 mois).

Les résultats sont présentés dans les tableaux 7 et 8 respectivement pour le facteur parité et stade de lactation.

Les comparaisons entre primipares ($n = 12$) et multipares ($n = 38$) révèlent que toutes les différences observées sont statistiquement non significatives ($P > 0,05$), ce qui indique que dans les conditions de l'étude, la parité n'a pas influencé de manière significative la composition physico-chimique du lait.

Les vaches ont été classées en début ($n = 11$), milieu ($n = 23$) et fin de lactation ($n = 16$). Là encore, aucune différence significative n'a été observée pour l'ensemble des paramètres ($P > 0,05$), même si certaines tendances biologiques attendues sont perceptibles :

Une baisse du taux butyreux en début de lactation (dilution liée au pic de production), suivie d'une remontée progressive en fin de lactation, comme décrit par **Bedouet (1994)** et **Martinot (2006)**.

Une hausse progressive du taux protéique de la phase précoce à la fin de lactation, en lien avec la diminution du volume de lait et la concentration en composants.

Cependant, l'absence de significativité statistique peut être expliquée par la taille modeste des sous-groupes, la variabilité individuelle, ou un contrôle alimentaire homogène dans l'élevage.

Chapitre IV: Résultats Et Discussion

Tableau 7: Effet de la parité (primipares vs multipares) sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache

Paramètres analysés	Primipares N= 12 Moyenne ±écart type	Multipares N= 38 Moyenne ±écart type	Interprétation
Matière sèche	11,52±1,16	11,60±1,17	NS
Solides non gras	9,68±0,34	9,64±0,60	NS
Matières grasses	1,83±1,04	1,95±0,89	NS
Protéines	3,56±0,14	3,50±0,23	NS
Lactose	5,36±0,17	5,30±0,17	NS
Sels	0,80±0,00	0,79±0,06	NS
Densité	34,52±1,26	34,33±2,15	NS
Point de congélation	-0,6130±0,0257	-0,6110±0,0442	NS
Eau ajouté	0	0	/

P<0,05 : Différence significative ; P>0,05 : Différence non significative.

Tableau 8 : Effet du stade de lactation (début, milieu, fin) sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache

Paramètres analysés	Début de lactation N = 11 Moyenne ±écart type	Milieu de lactation N = 23 Moyenne ±écart type	Fin de lactation N= 16 Moyenne ±écart type	Interprétation
Matière sèche	10,91±1,21	11,78±0,97	11,74±1,25	NS
Solides non gras	9,40±0,54	9,73±0,51	9,72±0,51	NS
Matières grasses	1,51±0,95	2,06±0,87	2,02±0,88	NS
Protéines	3,42±0,20	3,51±0,20	3,57±0,23	NS
Lactose	5,17±0,32	5,37±0,28	5,34±0,32	NS
Sels	0,78±0,06	0,79±0,05	0,80±0,05	NS
Densité	33,69±1,92	34,54±1,99	34,60±1,97	NS
Point de congélation	-	-	-	NS
Eau ajouté	0,5895±0,0406	0,6173±0,0351	0,6183±0,0441	/

P<0,05 : Différence significative ; P>0,05 : Différence non significative.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

Cette étude menée dans une ferme privée de la région de Tizi-Ouzou a permis d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache issu d'un élevage de race Prim'Holstein. À travers l'analyse de 50 échantillons, plusieurs paramètres ont été mesurés, notamment la matière sèche, la matière grasse, les protéines, le lactose, les sels minéraux, la densité et le point de congélation.

Les résultats obtenus montrent **une qualité physico-chimique globalement satisfaisante du lait**, bien que certaines valeurs, comme celle de la matière grasse (1,92 %), soient inférieures aux standards attendus pour la race, ce qui pourrait s'expliquer par des facteurs liés à l'alimentation ou au stade de lactation. En revanche, le taux de protéines (3,51 %) est conforme aux normes nationales et internationales, traduisant une bonne qualité nutritionnelle.

L'étude a également permis de tester l'influence de deux facteurs zootechniques : la parité et le stade de lactation. Les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative sur les paramètres mesurés ($P > 0,05$), bien que des tendances biologiques attendues soient perceptibles, notamment une baisse du taux butyreux en début de lactation et une augmentation du taux protéique en fin de lactation.

Cee travail met en lumière la nécessité de poursuivre les recherches sur des effectifs plus importants et dans des conditions d'élevage variées, afin de mieux cerner les facteurs influençant la qualité du lait et d'optimiser les pratiques d'élevage locales.

Références bibliographiques

- Aboutayeb, R. (2009). Technologie du lait et dérivés laitiers. <https://fr.scribd.com/document/674509017/Technologie-Laitiere>
- Adib, A., & Bertrand, A. (2009). Analyse des risques de transferts de produits phytosanitaires vers le lait. Paris : Institut de l'Élevage (IDELE), 41 pages.
- AFNOR (1993). Contrôle de la qualité des produits alimentaires – Lait et produits laitiers : Méthodes d'analyse. Paris, France : Association Française de Normalisation (AFNOR), 279 pages.
- Agabriel, C., Coulon, J.-B., Marty, G., Bonaïti, B., & Boniface, P. (1993). Effets respectifs de la génétique et du milieu sur la production et la composition du lait de vache. Étude en exploitation. INRA Productions Animales, 6(2), 117–124.
- Agence Ecofin (2020). Algérie : les importations de produits laitiers ont atteint 1,2 milliard \$ en 2019 <https://www.agenceecofin.com/agro-industrie/1612-83591-algerie-les-importations-de-produits-laitiers-ont-atteint-1-2-milliard-en-2019>
- Ahmidat I. et Okazi M.(2023). Étude de quelques paramètres physico-chimiques des laits (Vache, Chèvre, Brebis et Chamelle) de la région de Djelfa. Mémoire de Master ; Université de Djelfa, 75 pages.
- Alais, C. (1984) : Science du lait. Sépaic, Paris, 1984 alimentaires. Édition Tec et Doc. Lavoisier.P8-29.
- Alais, C. (1998). Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. 12ª reimpresión ed, CECSA, México.
- Alais, C., Linden, G., & Miclo, L. (2003). Biochimie alimentaire (5^e éd.). Paris : Dunod. 336 pages.
- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R. et Turgeon, H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In Science et technologie du lait: transformation du lait (Presses in, pp. 1-73). Montréal.

- Arroum, S., Zmouli, K., Gaddour, A., Fguiri, I., Naziha, A., & Khorchani, T. (2016). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait caprin en fonction du mode d'élevage. CIHEAM, p. 429-433 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 115).
- Badache K. et Meriane F. (2022). Étude qualitative et comparative des analyses physicochimiques du lait de vache et de chèvre et de leurs camemberts. Mémoire de Master Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, 98 pages.
- Bedouet, J. (1994). La visite de reproduction en élevage laitier. Bull. Group. Tech. Vét., 5B, 489, 109-129.
- Blelhadia M., Yakhlef H, Bourbouze A. et 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 Medit n 1, 41-49.
- Belkheir B., Ghoulane 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 (8)
- Bidot-Fernández, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. Revista de Producción Animal, 29(2), 32–41.
- Chanokphat Phadungath (2005). Casein micelle structure: a concise review. characteristics of goat and sheep milk. Songklanakarin Journal of Science and Technology (SJST), Vol. 27, no. 1, pp. 201 – 212.
- Chilliard Y. 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France, pp. 51-65.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., & Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: Nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. Annales de Zootechnie, 49(3), 181–205.
- CNIS (2023). Étude sur la qualité et la traçabilité des produits laitiers en Algérie.
- Codex Alimentarius Commission. General Standard for the Use of Dairy Terms (CODEX STAN 206-1999). Genève : FAO/OMS, 1999.

- Collin, J.C., Kokelaar, A., Rollet-Repecaud, O., & Delacoix-Buchet, A. (1991). Dosage des caséines du lait de vache par électrophorèse et par chromatographie liquide rapide d'échange d'ions (FPLC) : Comparaison des résultats. Lait (71), 339-350.
- Coulon, J.B., Chilliard, Y., & Rémond, B. (1991). 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). RA Prod. Anim., 4 (4), 303-309.
- Daviau, C., Famelart, M.H., Pierre, A., Goudedranche, H., & Maubois, J.L. (2000). Rennet coagulation of skin milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. Lait (80), 397-415.
- De Peters, E.J., & Cant, J.P. (1992). Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk. Journal of dairy science, 75(8): 2043-70.
- Ennuyer, M. (1994). Utilisation des courbes de lactation comme un élément de diagnostic en élevage laitier. Bull. Tech. Vét., 5B, 488 : 9-105.
- FAO (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28.
- FAO (2000). Directives sur l'application du système de la lactoperoxydase pour la conservation du lait. Codex Alimentarius. Lait et produits laitiers, vol. 12, 2e édn. Rome, Italie, FAO.
- FAO (2010). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Laits de consommation. <http://www.horizon.documentation.ird.fr>.
- FAO (2011). Programme Mixte FAO/WHO sur les Normes Alimentaires Commission du Codex Alimentarius Trente-quatrième session Genève, Suisse, 4-9 juillet 2011.
- FAO (2021). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Données laitières. 118p. [En ligne] <https://www.ficow.be/ficow.site/wp-content/Uploads/Car.pdf>.
- FAOSTAT (2025). Food and Agricultural Organization Statistics. FAO Stat. Consulté le 12 janvier 2025 sur <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QA>.
- Fédération internationale du lait, Association française de normalisation (FIL-AFNOR) (1986).
- Fredot, E. (2006). Connaissance des aliments. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 2 ème Édition Tec e Doc, Lavoisier, Paris, 397p.
- Gaucheron, F. (2005). The minerals of milk. Reprod. Nutr. Dev., 45(4), 473-483.

- Gondimo, É. G., Doutoum, A. A., Nazal, A. M., Djamalladine, D. M., N'Djekouanodji, S., & Tidjani, A. (2024). Évaluation de la qualité physico-chimique du lait cru produit et commercialisé à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(2), 430–438.
- Hocini, Z., & Sennour, N. (2018). Evolution de la filière lait et qualité physicochimique dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département des Sciences Agronomiques, 58 pages.
- Hoden, A., & Coulon, J.B. (1991). Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Production animale*, 4(5), 361-367.
- ITELV (2023). Rapport sur la productivité laitière en Algérie.
- ITELV (2024). Évolution des prix des aliments pour bétail en 2024.
- Jaubert G. Biochemical characteristics and quality of goat milk. In : Morand-Fehr P. (ed.). *Recent advances in goat research*. Zaragoza : CIHEAM, 1997. p. 71-74 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 25)
- J.O.R.A. n°69, (1993). Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la représentation de certains laits de consommation. P. 16.
- Jeantet, T. R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brule, G. (2008). *Les produits Laitiers*, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
- Kacimi L et Hassani S (2013) : La Dépendance Alimentaire en Algérie Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution ? *Méditerranéen Journal of Social Sciences* MCSER Publishing, Rome-Italy. Vol 4. P : 152- 158.
- Kongo, J.M., & Malcata, F.X. (2016). Cheese: Processing and sensory properties, 748-754.
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachoui, M., Berny, E.H., & Ouhssine, M. (2009). Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 7-16.

- Lahrech, A. (2019). Aptitudes fromagères du lait de chèvres locales "Makatia, Arbia, M'Zab et naine de Kabylie". Etude des propriétés fonctionnelles des protéines laitières. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, ENSA, El-Harrach, Algérie.
- Laouadi M., Tennah, S., Aouya Ahlem and Becheur M., 2022. characterization of the consumption of milk and dairy products in the urban and rural areas of laghouat, Algeria. Plant archives, 22, 268-275.
- LAS. (2011). Le Laboratoire d'Analyse Sensorielle d'Ambatobe-Le laboratoire d'analyse sensorielle pour vos industries agroalimentaire et cosmétique. Direction des recherches technologiques FOFIFA BP 14444, Ambatobe, Antananarivo 101, <http://www.galysevaluationsensorielle.fr>.
- Lecerf, J.M. (2010). Lait et santé, rumeurs vérités et qualité scientifique. https://www.cerin.org/wp-content/uploads/2010/03/article-lecerf-dietecom-10-02_01.pdf
- Le Mens, P. (1985). Le lait de chèvre : propriétés physico-chimiques, nutritionnelles et chimiques. Dans : Lait et produits laitiers, vache, chèvre, brebis, de la mamelle à la laiterie. Tome 2. Paris: Technique et documentation Lavoisier, 354 - 367 p.
- Mahe, S. (1996). Valeur nutritionnelle du lait en alimentation humaine. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : Le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France: 9-26.
- Mahe, M.F., Manfredi, E., Ricordeau, G., Piacere, A., & Grosclaude, F. (1993). Effets du polymorphisme de la caséine $\alpha S1$ caprine sur les performances laitières : Analyse intradescendance de boucs de race Alpine. Genetic Science and Evolution, 26(2), 151-157.
- Mahaut, M., Jeantet, R., Schuck, P., & Brulé, G. (2000). Les produits industriels laitiers. Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 178p.
- Mahieddine, B., Feknous, N., Farah, M., Dalichaouche, N., Ines, F., Lynda, T., Nadia, M., & Redouane, Z. (2017). Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du Nord-est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. Algerian Journal of Natural Products, 5(2), 492-502.
- Maldonado, S., & Burgos, L. S. (2015). Quality Indices for Goat Milk.
- Mansour, L.M. (2015). Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. Thèse de doctorat, Université de Sétif, 190pages.

- Martin, B., & Coulon, J.B. (1995). Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier. Lait, 75, 133-149.
- Martin, P. (1996). La composition protéique du lait de chèvre : ses particularités.
- Martinot, Y. (2006). TP mini : Un outil de mesure du déficit énergétique. In : Journées nationales des GTV, le pré troupeau : Préparer à produire et reproduire, Dijon, France, 17-18-19 mai 2006, pp.709-713.
- Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K.N., & Boukhris, R. (2017). Qualités physico-chimiques et microbiologiques des laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. Livestock Research for Rural Development, 29 (11).
- Mathieu, J. (1997). Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Tec & Doc : Lavoisier, Paris, 220p.
- Mathieu, J. (1998). Présentation des constituants du lait. In : introduction à la physicochimie du lait, p 30-44.
- Mietton, B., Desmazeaud, M., Deroissart, H., & Weber, P. (1994). Transformation du lait en fromage. In : Luquet F.M., 1994. Bactéries lactiques. Vol. 2. Ed. Loriga, DE. ROISSART.
- Ministère de l'Agriculture (2022). Diagnostic de la filière laitière en Algérie.
- MADRP (2023). Ministère de l'agriculture et du développement rural. www.agroligne.com.
- Morgan, F., Massouras, V., Barbosa, T., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fistakoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G., & Raynal-Ljutovac, K. (2003). Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece. Portugal and France. Small Ruminant Research, 47(1), 39-49.
- Neville, M.C., & Jensen, R.G. (1995). The physical properties of human and bovine milks. In Jensen R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, 947p.
- Nielsen, N.I., Larsen, T., Bjerring, M., & Ingvarsten, K.L. (2005). Quarter health, milk interval, and sampling time during milking affect the concentration of milk constituents. J. Dairy Sci., 88, 3186-3200.
- O'Connor (1995). Rural Dairy Technology (Vol.1). Nairobi : ILRI (International Livestock Research Institute). 119 pages.

- Onurlubaş, E. and Yılmaz, N. (2013). The factors affecting milk consumption preferences of the consumers in Edirne Keşan township. J. Food Agric. Environ., 11 (3): 516-518.
- Otmane Rachedi, K., Remadni, M., & Badi, Y. (2022). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques des différents laits crus (chamelle, chèvre et vache) de la région d'El-Oued et Bougous (Wilaya d'El-Tarf). Rev. Sci. Technol., Synthèse28 (2): 01-11.
- Pissavy, A., & Dezendre, N. (2006). Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique.
- Pointurier, H. (2003). La gestion matière dans l'industrie laitière. Tec et Doc, Lavoisier, France: 64.
- Pougheon, S., & Goursaud, J. (2001). Le lait caractéristiques physico-chimiques. In Debry G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris. 566 p.
- Rahan et Si Tahar (2009). (Référence incomplète).
- Ramet, J.P. (1985). La Fromagerie Et Les Variétés De Fromages Du Bassin Méditerranéen. Vol 48 N° 48 De Etude Fao Production Et Santé Animales.
- Ramet, J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO production et santé animales 48, Rome, Italie.
<http://www.fao.org/3/x6551f/X6551F00.htm#TOC>.
- Rheotes. T M. (2010). Rhéomètre RHEOTESTRN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST LK – Produits alimentaires et aromatisants.
<http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.
- St-Gelais, D., Baba Ali, O., & Turcot, S. (2000). Composition Du Lait De Chèvre Et Aptitude À La Transformation. In "Site Du Ministère De L'agriculture Et Agroalimentaire Du Canada.
- Trujillo, A.J., Casals, I., & Guamis, B. (2000). Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electrospray ionization-masse spectrometry. Journal of Dairy Science.
- Vierling, E. (2003). Aliment et boisson-Filière et produit. 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Vierling, E. (2003). Aliment et boisson-Filière et produit. 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine:11.

- Vignola, C. L. (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait (2^e éd.). Montréal : Presses internationales Polytechnique. 600 pages.
- Walstra, P., & Jenness, R. (1984). Dairy Chemistry and Physics. John Wiley and sons, NewYork.467 pages.
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & van Boekel, M. A. J. S. (1999). Dairy Technology : Principles of Milk. Properties and Processes. Marcel Dekker, 727 pages.
- Walstra, P., Jan, T.M., Wouter., Tom, J., & Geurts (2006). Dairy Science and Technology. Second Edition. 808 pages.
- Wattiaux, M. A., & Howard, W. T. (2006). Le lait [Document pédagogique]. University of Wisconsin-Madison, Department of Dairy Science.