الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة
التعليم العالي والبحث العلمي جـامـــعة مستغانم
عبد الحميد بن باديس
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
Faculté des Sciences Agronomique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE DE MASTER 2

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master Académique

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Animales

SOUS LE THÈME

Influence de l'espèce animale sur les propriétés physico-chimiques du lait : étude comparative du lait de vache, du lait de chèvre et du lait commercial

Présentée par :

BELKACEMI FAIZA

Encadré par :

BELGHENDOUZ ABDELNOUR

Devant le jury :

Dahloum Elhaouari	MCA	Univ.Mostaganem	Président de jury
Mme Fassih Aicha	MAA	Univ.Mostaganem	Examinatrice
Benguendouz Abdenour	MCB	Univ.Mostaganem	Encadrant

Année universitaire 2025 -2026

Remerciements

Gloire à Dieu, avant tout, qui m'a accordé la réussite et m'a aidé à mener à bien ce travail, malgré toutes les difficultés rencontrées. J'exprime ma plus profonde gratitude à mon directeur de thèse, le professeur Belkandouz Abdelnour, pour ses précieux conseils et son soutien indéfectible, ainsi que pour sa patience et sa compréhension tout au long de la rédaction de cette thèse. Je lui témoigne ma sincère reconnaissance et mon profond respect.

J'adresse également mes sincères remerciements à la docteure Dahloum El Houari, qui a présidé mon jury de soutenance, et à la professeure Fassih Aicha, pour sa bienveillance lors de l'examen de ce travail. Je leur témoigne à toutes deux ma plus profonde gratitude et mon plus grand respect.

Dédicace

À tous ceux qui m'ont soutenu, guidé et inspiré tout au long de mon parcours académique et de la réalisation de ce travail de recherche ; à mes parents, mes enseignants et mes collègues. Je dédie ce modeste travail en signe de gratitude et de reconnaissance.

Résumé

Cette étude, intitulée « Propriétés physico-chimiques et analyse comparative de différents types de lait (vache, chèvre et lait commercial) » réalisée à la laiterie Le Littoral Mostaganem (GIPLAIT), vise à évaluer et comparer les caractéristiques physico-chimiques de divers types de lait. L'étude comprend deux volets principaux : un volet théorique abordant la composition générale du lait et ses constituants essentiels (eau, protéines, lipides, vitamines et sels minéraux), et un volet pratique consistant à prélever des échantillons de lait de vache, de lait de chèvre et de lait en poudre reconstitué, puis à les soumettre à des analyses de laboratoire précises incluant la mesure de la densité, de l'acidité (degré Dornic), du pH et de la teneur en matière grasse, ainsi que le suivi de l'évolution de l'acidité au cours du stockage. Les résultats ont montré que le lait de chèvre se distingue par une valeur élevée en matière grasse et une stabilité du pH, tandis que le lait de vache a enregistré une acidité tendant vers la limite supérieure en raison du début de l'activité bactérienne. En revanche, le lait commercial en poudre reconstitué a fait preuve d'une stabilité relative du pH grâce aux traitements thermiques subis lors de sa fabrication.

Mots-clés : Lait, Propriétés physico-chimiques, Analyse comparative, Qualité, GIPLAIT.

الملخص

تهدف هذه الدراسة المعنونة بـ "الخصائص الفيزيوكيميائية والتحليل المقارن لأنواع مختلفة من الحليب (البقر، الماعز، والحليب التجاري)" والتي أُجريت في ملبنة الساحل مستغانم(GIPLAIT) ، إلى تقييم ومقارنة الخصائص الفيزيوكيميائية لمختلف أنواع الحليب. شملت الدراسة جانبين رئيسيين: جانباً نظرياً يستعرض التركيب العام للحليب ومكوناته الأساسية (الماء، البروتينات، الدهون، الفيتامينات، والأملاح المعدنية)، وجانباً تطبيقياً تمثل في أخذ عينات من حليب الأبقار والماعز والحليب المجفف، وإخضاعها لتحاليل مخبرية دقيقة شملت قياس الكثافة، الحموضة (درجة دورنيك)، الرقم الهيدروجيني(pH) ، ونسبة المادة الدسمة، بالإضافة إلى تتبع تطور درجة الحموضة خلال أيام التخزين. أظهرت النتائج أن حليب الماعز يتميز بقيمة عالية للمادة الدسمة واستقرار في الرقم الهيدروجيني، بينما سجل حليب البقر قيمة حموضة تميل نحو الحد الأعلى نظراً لبدء النشاط البكتيري، في حين أثبت الحليب التجاري المجفف المُعاد تكوينه استقراراً نسبياً في الرقم الهيدروجيني نتيجة المعاملات الحرارية التي خضع لها أثناء التصنيع.

الكلمات المفتاحية : حليب، الخصائص الفيزيوكيميائية، تحليل مقارن، جودة، جيبريت.

Abstract

This study, entitled "Physicochemical properties and comparative analysis of different types of milk (cow, goat, and commercial milk)" carried out at the Le Littoral Dairy in Mostaganem (GIPLAIT), aims to evaluate and compare the physicochemical characteristics of various types of milk. The study includes two main parts: a theoretical part addressing the general composition of milk and its essential constituents (water, proteins, lipids, vitamins, and minerals), and a practical part consisting of sampling cow's milk, goat's milk, and reconstituted powdered milk, and subjecting them to precise laboratory analyses including the measurement of density, acidity (Dornic degree), pH, and fat content, as well as monitoring the evolution of acidity during storage. The results showed that goat's milk is characterized by a high fat value and pH stability, whereas cow's milk recorded an acidity tending towards the upper limit due to the onset of bacterial activity. In contrast, reconstituted commercial powdered milk demonstrated relative pH stability thanks to the thermal treatments undergone during its manufacturing process.

Keywords : Milk, Physicochemical properties, Comparative analysis, Quality, GIPLAIT.

Liste des figures

Titre	page
Figure 1 : les principaux éléments minéraux du lait de vache ainsi que leurs concentrations respectives	10
Figure 2 : Enzymes	11
Figure 3 : Façade publicitaire de la Laiterie Le Littoral Mostaganem (GIPLAIT)	24
Figure 4 : Localisation géographique de la Laiterie Le Littoral Mostaganem – Salamandre (GIPLAIT).	26
Figure 5: préparation des échantillons	28
Figure 6 : UN thermo –lactodensimètre	29
Figure 7 : Détermination de l'acidité	29
Figure 8 :Ph mètre	30
Figure 9 : Détermination de la teneur en matière grasse	31

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau 1: Composition chimique et nutritionnelle du lait de vache	6
Tableau 2 : Classification des vitamines du lait selon leur solubilité	8
Tableau 3 : Composition lipidique du lait	9
Tableau4 : Composition chimique du lait de vache	15
Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre	17
Tableau 6 : Composition chimique du lait de chèvre	17
Tableau 7 : Caractéristiques physico-chimiques du lait commercial	20
Tableau 8 : Composition chimique du lait commercial	21
Tableau 9 : Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des différents types de lait (lait de chèvre, lait de vache et lait en poudre)	33
Tableau 10 : Évolution du pH du lait de vache et du lait en poudre au cours de la période de conservation	34

Liste des abréviation

FAO	**Food and Agriculture Organization**
°D	**Degré Dornic**
pH	**Potentiel Hydrogène**
MG	**Matière Grasse**
Ca	**Calcium**
P	**Phosphore**
Mg	**Magnésium**
K	**Potassium**

Sommaire

	Page
Sommaire	
Introduction générale	
Partie théorique	
Composition générale du lait	
I.1. Définition du lait	
I.2. Composition nutritionnelle et chimique du lait	
I.2.1. Eau	
I.2.2. Les glucides	
I.2.3. Protéines	
I.2.4. Vitamines	
Matières grasses	
I.2.5. Les enzymes	
I.3. Les propriétés physico-chimiques essentielles du lait	
I.3.1. La densité	
I.3.2. Acidité	
I.3.3. pH	
I.3.4. Point de congélation	
I.3.5. Point d'ébullition	
Étude comparative des caractéristiques laitières (vache, chèvre et lait commercial)	
Introduction	
II.1. Propriétés Physicochimiques du Lait de Vache	
II.2. Propriétés Physicochimiques du Lait de Chèvre	
II.3. Propriétés Physicochimiques du Lait Commercial	
II.3.1. Les facteurs influençant la composition du lait commercial	
II.3.2. Les caractéristiques physico-chimiques du lait commercial	
II.4. Comparaison des paramètres physico-chimiques du lait de vache, de chèvre et commercial	
Conclusion	
CHAPITRE 03 : Matériels et méthodes	
Introduction	
III.1. Présentation de l'organisme d'accueil	
III.1.1. Lieu de stage	
III.1.2. Information et localisation géographique de GIPLAIT	
III.2. Méthodes	
III.2.1. L'objectif	
III.2.2. Échantillonnage	
III.4. Analyses physico-chimiques du lait	
III.4.1. Détermination de la densité	
III.4.2. Mesure de l'acidité titrable	
III.4.3. Mesure de pH	
III.4.4. Détermination de la teneur en matière grasse	
Résultats et discussion	
Introduction	

IV.1. Résultats comparatifs des analyses physico-chimiques des différents types de lait	
Discussion de la densité du lait	
Discussion de l'acidité du lait	
Discussion de la matière grasse (MG)	
Discussion du pH du lait de chèvre et du lait de vache	
Discussion de l'évolution du pH du lait de vache et du lait en poudre pendant les jours de conservation	
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

Introduction :

Ces dernières années, les habitudes alimentaires ont montré une tendance croissante à la consommation d'aliments complets et sains (FAO, 2023). Le lait est considéré comme un aliment de première importance en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de sa teneur en protéines, minéraux et vitamines essentiels à l'organisme (Sebouker, 2007). Son importance économique est également manifeste, puisqu'il constitue une matière première pour de nombreuses industries agroalimentaires et occupe une place prépondérante parmi les aliments les plus consommés en Algérie.

Bien que les différents types de lait partagent une composition de base similaire, leurs propriétés physico-chimiques varient selon leur origine et leurs méthodes de transformation (Ghaoues, 2011). Le lait de vache et le lait de chèvre ont chacun une composition spécifique qui influence leur valeur nutritionnelle, tandis que les propriétés du lait commercial évoluent au cours de sa transformation, le distinguant du lait cru par certaines caractéristiques physico-chimiques.

Afin d'approfondir ce sujet, nous avons mené une étude de terrain à la ferme laitière Salamander, dans la province de Mostaganem, où nous avons réalisé diverses analyses spécifiques à cette étude.

Ce travail se divise en deux parties principales : une partie théorique et une partie appliquée, chacune composée de deux chapitres.

Dans la partie théorique, le chapitre 1 passe en revue les études antérieures sur la composition du lait et ses principaux composants. Le chapitre 2 présente une étude comparative du lait de vache, du lait de chèvre et du lait commercial, en mettant l’accent sur leurs propriétés physico-chimiques.

La seconde partie de ce travail aborde les aspects pratiques de l’étude.

Le chapitre 3 décrit la laiterie où s’est déroulé notre stage et explique les équipements et les méthodes utilisés pour les analyses physico-chimiques.

Le chapitre 4, le dernier, présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur le lait de vache, le lait de chèvre et le lait commercial .

Enfin, nous proposons une interprétation et une discussion des résultats de cette recherche .

Partie théorique

Chapitre : 01
Composition générale du lait

I. Chapitre : 01 Composition générale du lait

I.1. Définition du lait :

Le lait est un liquide biologique naturel de couleur blanc opaque, dont la teinte peut varier du blanc au jaune pâle en fonction de sa teneur en matières grasses et en bêta-carotène. Il se caractérise par une odeur légère et un goût agréable, légèrement sucré, dû à sa teneur en lactose. Il est sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la mise bas afin de répondre aux besoins nutritionnels de leurs petits. Le lait est considéré comme un aliment complet,Le lait est un liquide biologique naturel de couleur blanc opaque, dont la teinte peut varier du blanc au jaune pâle en fonction de sa teneur en matières grasses et en bêta-carotène. Il se caractérise par une odeur légère et un goût agréable, légèrement sucré, dû à sa teneur en lactose. Il est sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la mise bas afin de répondre aux besoins nutritionnels de leurs petits. Le lait est considéré comme un aliment complet, car il contient la plupart des nutriments essentiels nécessaires à la croissance, au développement et au maintien des fonctions vitales de l'organisme **(Ghaoues ; 2011) .**

Selon la Fédération internationale de laiterie (FIL) et le Code de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture/Organisation mondiale de la santé (FAO), le lait est défini comme la sécrétion naturelle produite par les glandes mammaires d'animaux laitiers sains, obtenue par un processus de traite complet et continu, sans aucune modification impliquant l'ajout ou le retrait de l'un de ses composants essentiels. Ce produit est destiné à la consommation humaine, soit à l'état naturel, soit après avoir subi divers procédés technologiques appropriés**.(luauet1985).**

D'un point de vue microbiologique, le lait cru constitue un milieu nutritif idéal pour l'incubation d'une grande diversité de micro-organismes d'origines variées, qu'ils proviennent de vaches, de chèvres, de brebis ou d'humains. Ses nutriments essentiels offrent des conditions optimales à la croissance et à la reproduction de ces micro-organismes, ce qui peut avoir un impact positif en participant aux processus de fermentation et en améliorant certaines propriétés bénéfiques pour la santé, ou un impact négatif en altérant le lait ou en provoquant des intoxications alimentaires **(Quegley et al., 2013).**

D'un point de vue physico-chimique, le lait est un système colloïdal complexe sous forme d'émulsion lipidique, où les globules gras sont dispersés dans la phase aqueuse et

stabilisés par les protéines de caséine. Le lactosérum contient des protéines solubles, du lactose et des sels minéraux, ainsi que des traces de vitamines, ce qui fait du lait un système multiphasique**(.pERREAU,2014)**

I.2. Composition nutritionnelle et chimique du lait :

Le lait est considéré comme l'un des aliments les plus importants à haute valeur biologique, en raison de sa composition riche et équilibrée en éléments nutritifs essentiels nécessaires à l'organisme. Cette composition varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment le patrimoine génétique de l'animal (la race), son alimentation ainsi que le stade de lactation. Afin de présenter ces différents constituants de manière claire, le tableau suivant résume la composition chimique et nutritionnelle de base du lait de vache.

Tableau 1: Composition chimique et nutritionnelle du lait de vache Source : Soustre et al., 2017.

Constituant	**Teneur / Quantité**	**Description**
Eau	87%	Constituant principal du lait
Glucides (lactose)	4.8%	Principal sucre du lait
Lipides	Environ 4 %	60 à 70 % d'acides gras saturés et 30 à 40 % d'acides gras insaturés (principalement mono-insaturés)
Protéines	3.2%	80 % de caséines et 20 % de protéines du lactosérum
Minéraux et oligo-éléments	0.7%	Comprennent différents éléments minéraux
Calcium	Environ 120 mg/100 mL	Élément minéral essentiel
Vitamines	Faibles quantités	Vitamines A, D, B, etc.
Composés bioactifs	Plus de 100 000 composés	Tels que la lactoferrine, les phospholipides, les sphingolipides, etc.
Enzymes, bactéries et	Présence possible	Dépendent des conditions de

cellules		traite et d'hygiène

I.2.1. Eau :

Elle représente le milieu dans lequel les autres composants se dissolvent et flottent, et constitue environ 81 à 87 % du volume total. L'eau existe sous deux formes : Eau libre : Elle représente 96 % de l'eau totale. Cette eau se caractérise par sa forte activité chimique. Elle agit comme solvant pour le lactose et certains sels minéraux, créant ainsi un milieu aqueux propice à la croissance et à la reproduction des micro-organismes. Eau liée : Elle ne représente que 4 % de l'eau du lait. Liée aux sels, aux protéines et aux matières sèches, son activité est faible et elle ne participe pas aux réactions chimiques, physiques ou biologiques. Elle ne gèle pas, sauf en dessous de 40 °C. Cette eau liée est responsable de la stabilité de la consistance du lait et de la cohésion de la méthylation de la caséine **(Amiotet et al., 2002).**

I.2.2. Les glucides :

Les glucides constituent le deuxième composant majeur du lait après l'eau et représentent environ 4,8 % de sa composition principale (O'Connor et Tripathi, 1991). Le lactose est le principal sucre du lait et est également appelé sucre du lait (Roca-Fernandez, 2014). Il joue un rôle important dans les processus de fermentation du lait, tandis que la plus grande partie du lactose passe dans le lactosérum lors de la fabrication de certains produits laitiers. Bien que le lactose soit le sucre prédominant, le lait contient également de faibles quantités d'autres sucres, tels que le glucose et le galactose **(Amiot et al., 2002).**

I.2.3. protéines :

Les protéines constituent l'un des composants essentiels du lait, avec une teneur moyenne estimée à environ 3,5 %. Toutefois, cette valeur n'est pas constante, car elle est influencée par plusieurs facteurs, notamment l'alimentation de l'animal, le stade de lactation, la race ainsi que les variations saisonnières (Fredat, 2005). Elles se répartissent en deux groupes principaux : Les caséines : elles représentent environ 80 % de l'ensemble des protéines du lait. Ce sont des protéines insolubles, présentes sous forme de micelles en suspension dans le lait. Elles comprennent les caséines α, β et κ, dont la structure moléculaire fait encore l'objet de recherches scientifiques (Marchin et al., 2007). Les protéines du lactosérum (protéines sériques) : elles constituent environ 20 % des protéines totales du lait. La principale est la β-lactoglobuline, avec une concentration d'environ 3,2 g/kg, et une taille comprise entre 3 et 6 nm. D'autres protéines ont également été identifiées dans le lactosérum grâce aux techniques

de protéomique (Boudier et Sylvie, 2011). La matière azotée du lait est constituée en majorité de matière azotée protéique, représentant environ 95 % de l'azote total, tandis que la fraction non protéique est minoritaire. En fonction de leur solubilité à pH = 4,6, les protéines du lait sont classées en caséines (insolubles) et en protéines du lactosérum (solubles) **(Guillou et al. 1986).**

I.2.4. Vitamines :

Les vitamines sont des molécules complexes, plus petites que les protéines, et présentent une grande diversité structurale. Elles jouent un rôle essentiel dans la vie biologique et sont étroitement liées aux enzymes, agissant comme coenzymes de liaison aux protéines. Les vitamines sont classées en deux catégories (tableau 5) **(DEBRY, 2001).**

Tableau 2 : Classification des vitamines du lait selon leur solubilité

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D 2	2.4 µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5 µg/100ml
Vitamine hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45 µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50 µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45 µg/100ml
Niacine et niacinamide	90 µg/100ml
Acide pantothénique	350 µg/100ml
Acide folique	5.5 µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5 µg/100ml

matières grasses Les matières grasses sont dispersées dans l'émulsion sous forme de fines gouttelettes de triglycérides, entourées d'une membrane complexe, et se trouvent dans la

phase continue représentée par le lait écrémé (Boutonnier, 2008). La matière grasse du lait est principalement constituée de triglycérides et de phospholipides, ainsi que d'une fraction insaponifiable composée majoritairement de cholestérol et de bêta-carotène. Le tableau (2) présente la composition lipidique du lait **(GRAPPIN et POCHET, 1999).**

Tableau 3 : Composition lipidique du lait

Constituants	**Proportion des lipides du lait (%)**
Triglycérides	98 %
Phospholipides	1 %
Fraction insaponifiable	1 %

Selon les travaux de Mahaut et al. (2005), les sels minéraux du lait se présentent soit sous forme d'ions libres, soit sous forme de sels non dissociés, et leur teneur est peu influencée par l'alimentation de l'animal. Les principaux éléments minéraux sont le potassium, le calcium, le sodium, le magnésium et les phosphates

Ces minéraux sont répartis dans le lait sous deux formes principales :

La forme ionique (soluble) : représentée par les ions sodium (Na^+), potassium (K^+) et chlorure (Cl^-).

La forme colloïdale (liée) : dans laquelle les minéraux sont associés aux micelles de caséine.

Répartition des sels minéraux sous forme colloïdale : cette fraction représente une part importante des principaux minéraux, avec les proportions approximatives suivantes :

- ✓ Calcium : 65 %
- ✓ Phosphore inorganique : 50 %
- ✓ Magnésium : 60 %
- ✓ Citrates : 8 %

Par ailleurs, certains constituants présents dans la phase soluble existent sous différentes formes chimiques. Les phosphates et les citrates, par exemple, se trouvent sous des formes mono-, di- et triphosphatées (Ganivet et al., 2008). Ces équilibres minéraux jouent un rôle essentiel dans le maintien de la stabilité des protéines du lait et varient selon que le lait est frais ou soumis à un traitement thermique.

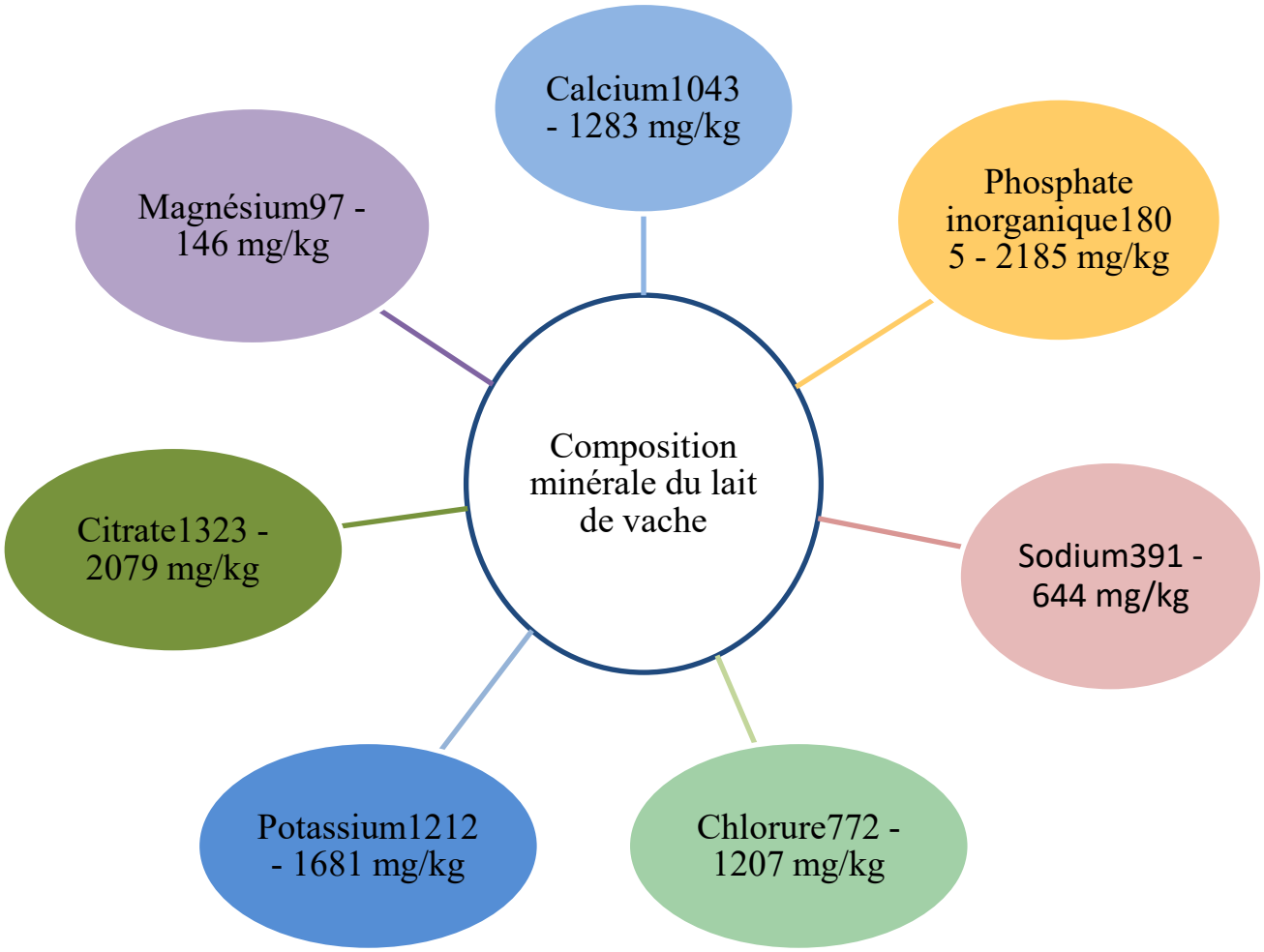


Figure 1 : les principaux éléments minéraux du lait de vache ainsi que leurs concentrations respectives (Jeantet et al., 2008).

I.2.5. Les enzymes :

sont des composés organiques de nature protéique produites par les cellules et les organismes vivants et agissent comme catalyseurs pour les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes ont été identifiées.

Le lait contient essentiellement trois groupes d'enzymes

_Hydroloses

_ Déshydrogénoses

_Oxygénoses

Le pH et la température sont les principaux facteurs affectant leur activité **(Perreau,2014)**

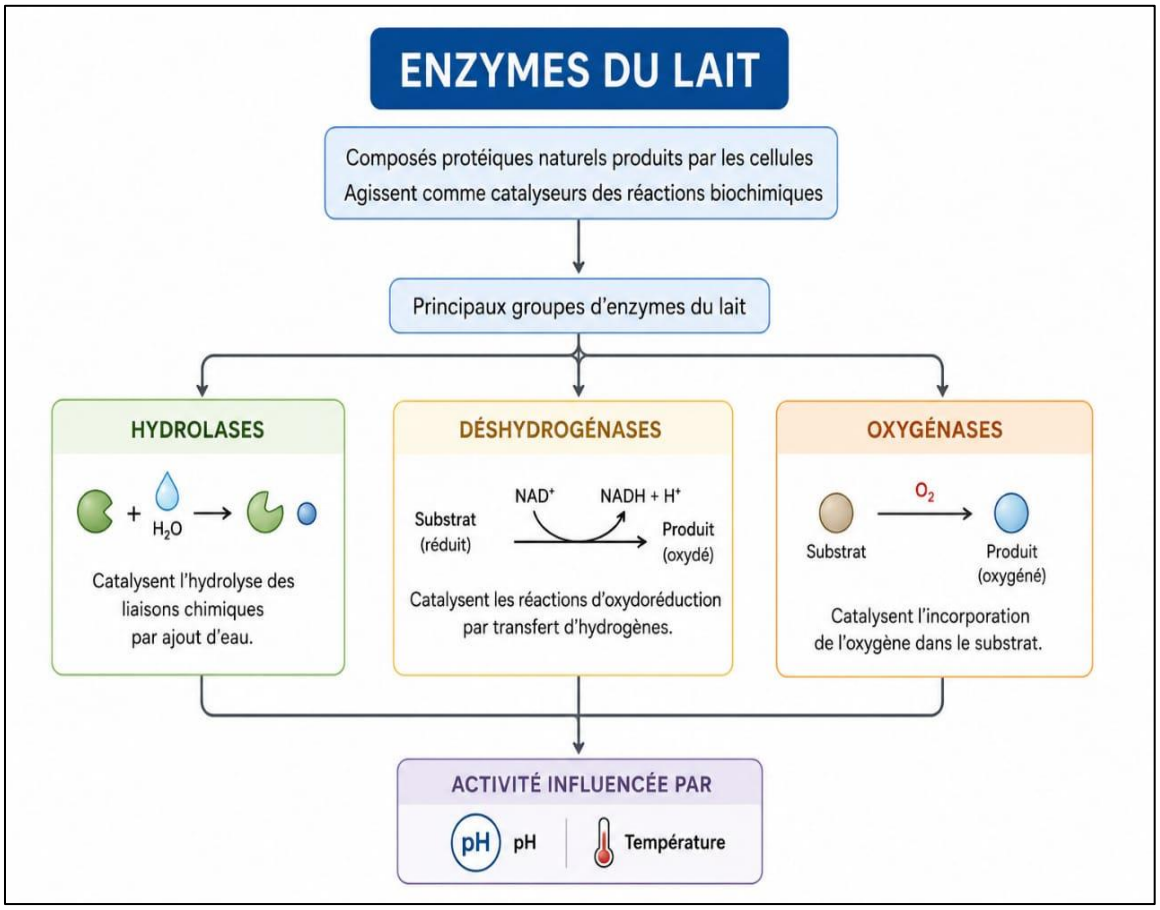


Figure 2 : Enzymes (pougheen_2001) (blanc_1982)

I.3. Les propriétés physico_chimiques essentielles due lait:

Les propriétés physico-chimiques du lait constituent les critères d'évaluation de sa qualité. Elles fournissent des informations précises sur sa valeur nutritionnelle, sa conformité aux normes sanitaires et permettent de déceler les cas de falsification **(Nouiri, 2018)**. Parmi les principales propriétés physico-chimiques du lait figurent la densité, l'acidité, le point de congélation et le point d'ébullition **(Vignola, 2002).**

I.3.1. La densité:

l'une des propriétés physiques les plus importantes du lait, se situe généralement entre 1,028 et 1,034 à 20 °C et ne doit pas être inférieure à 1,028. La densité moyenne du lait provenant des grandes exploitations laitières est d'environ 1,032, tandis que celle du lait écrémé dépasse 1,035 en raison de sa plus faible teneur en matières grasses. Cependant, le lait écrémé dilué

avec de l'eau présente une densité normale, ce qui rend la densité seule insuffisante pour détecter tous les cas de falsification. **(Vierling, 2003 et al.) (Belaouedj Siham et al.) (Boukadjer Chihab Eddine Yasser, 2023/2024).**

I.3.2. Acidité :

L'acidité est un indicateur important dans l'industrie laitière, utilisé pour évaluer la qualité du lait et les conditions de conservation. L'acidité est mesurée en degrés Dornik (°D), où 1 °D = 0,1 gramme d'acide lactique. L'acidité titrable du lait frais se situe entre 0,15 % et 0,18 %, ce qui équivaut à : 15 °D et 18 °D d'acide lactique **(Hogan, 1999).**

I.3.3. pH :

Le pH du lait varie d'un type à l'autre en raison de différences dans sa composition chimique (Allais, 1984). Le pH détermine si le lait est acide ou alcalin, et celui du lait frais est d'environ 6,7 (Kwame Senna, 2010). Le pH du lait évolue avec le temps. Lorsque le lait se détériore, son acidité augmente et son pH diminue en raison de la présence de bactéries lactiques qui décomposent une partie du lactose en acide lactique **(Luckier, 1985).**

I.3.4. Point de congélation :

Des études **(Lopointe et Vignola, 2002)** ont montré que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau en raison de la présence de matières solides dissoutes qui le maintiennent. Le point de congélation du lait se situe généralement entre 0,530 et 0,575 °C, avec une moyenne de 0,555 °C. Une valeur supérieure à 0,530 °C peut indiquer que le lait a été frelaté avec de l'eau. **(Abaunt,Fenola,2002)**

I.3.5. Point d'ébullition :

Le point d'ébullition est la température à laquelle la pression de vapeur d'un liquide est égale à la pression extérieure. Dans le lait, il est légèrement supérieur à celui de l'eau **(Jean, 1993).** L'eau bout à 100 °C, tandis que le lait bout à environ 100,5 °C. Cette valeur est liée à la concentration des substances dissoutes et augmente avec la concentration du lait. Cette propriété est exploitée dans les procédés de concentration du lait **(Magdi, 2008).**

Chapitre : 02

étude comparative des caractéristiques laitières (vache, chèvre et lait commercial)

II. Chapitre deux : étude comparative des caractéristiques laitières (vache, chèvre et lait commercial)

Introduction :

Étude comparative des caractéristiques des différents types de lait : lait de vache, lait de chèvre et lait commercial. Le lait est un aliment de base riche en nutriments essentiels à la croissance des organismes vivants. Avec le développement de l'industrie agroalimentaire, les sources de lait et ses modes de consommation se sont diversifiés, ce qui rend nécessaire une comparaison du lait de vache, du lait de chèvre et du lait en poudre en termes de composition chimique, de propriétés physiques et de valeur nutritionnelle .

II.1. Propriétés Physicochimiques du Lait de Vache

- **Le lait de vache :**

Le lait produit par la vache après la mise bas pour nourrir son veau est un aliment de base dans de nombreuses cultures. Grâce à sa richesse en nutriments, il est considéré comme une boisson complète qui contribue à l'équilibre nutritionnel, car il constitue une source importante et facilement assimilable de plusieurs nutriments essentiels, notamment des protéines hautement digestibles, des vitamines et des minéraux nécessaires à l'organisme **(Stainger, 2008).**

- **Densité :**

La densité est une grandeur sans dimension qui exprime le rapport de la masse d'un volume donné de liquide à la masse du même volume d'eau. La densité du lait de vache se situe entre 1,028 et 1,034 à 20 °C, et cette propriété est un indicateur important de sa qualité. Une valeur de 1,032 est considérée comme typique pour le lait produit dans les grandes exploitations laitières **(Vierling, 2008)**.
La densité peut atteindre 1,035 et rester dans les limites normales même pour le lait écrémé ou relativement dilué **(FAO, 2013).**

- **pH :**

Le pH du lait est une norme scientifique importante pour évaluer la qualité du lait et révéler sa fraîcheur, car le pH du lait de vache se situe autour de 6,7 et cela dépend de sa composition

chimique, notamment de la caséine et des phosphates, ainsi que de différentes conditions environnementales **(Omran et al. 2008).**

- **L'acidité :**

et plus précisément l'acidité titrable, est un indicateur de la quantité d'acide lactique produite à partir du lactose du lait. Il existe une relation inverse entre l'acidité et le pH, ce dernier se situant entre 0,14 et 0,16. L'acide lactique produit résulte de la dégradation bactérienne du lactose. **(Mothur et al., 2005)** .

- **Viscosité :**

La viscosité est un indicateur important de la qualité du lait de vache, bien qu'elle soit souvent moins étudiée que d'autres caractéristiques. Plus le pourcentage de matières solides est élevé, plus la viscosité du lait est importante, ce qui lui confère une consistance plus épaisse. Sur certains marchés, la viscosité est considérée comme un gage de qualité et de valeur nutritionnelle du produit **(Vuillaume, 1967) .**

Tableau4 : Composition chimique du lait de vache, (Anonyme, 2009)

Constituants	Lait de vache		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Matière grasse (%)	3.87	3.78	4.05
Protéines totales (%)	3.23	3.11	3.34
Caséine (%)	2.42	2.30	2.55
Protéines sériques (%	0.57	0.39	0.82
Lactose (%)	4.48	4.39	4.57
Cendres (%)	0.67	0.63	0.72
Ca (mg/100 g)	103	91	116
P (mg/100 g)	86	71	105

Mg (mg/100 g)	140	119	10
K (mg/100 g)	149	132	180

II.2. Propriétés Physicochimiques du Lait de chèvre

- **Le lait de chèvre**

Le lait de chèvre est un aliment naturel à haute valeur nutritionnelle. Il s'agit d'une émulsion grasse contenant des composants nutritifs essentiels, notamment le lactose, les protéines, les caséines, ainsi que des vitamines et des sels minéraux (Diotlev, 2004). Le lait de chèvre se caractérise par sa couleur blanche, sa saveur légèrement sucrée, son odeur discrète et sa texture homogène. Il est souvent utilisé comme alternative au lait de vache chez certaines personnes souffrant d'une intolérance au lactose ou d'une allergie aux protéines du lait de vache, en raison de sa digestibilité élevée et de sa richesse nutritionnelle (Park, 1991 ; Park, 2006 ; et al., 2016). En outre, le lait de chèvre contient des protéines de haute qualité et des matières grasses facilement digestibles. Il renferme également des oligosaccharides qui agissent comme des prébiotiques, favorisant le développement des bactéries bénéfiques et contribuant à l'amélioration de la santé digestive. Pour ces raisons, il est considéré comme un aliment fonctionnel en raison de ses nombreux bénéfices nutritionnels et sanitaires (Haenlein, 1996 ; Kumar et al., 2016 ; Rinaldi-Ljutovac et al., 2008 ; et al., 2012).

- **Le pH**

Le pH du lait de chèvre, compris entre 6,45 et 6,60 selon Remeuf et al. (1994), constitue un paramètre important pour l'évaluation de la qualité et de la fraîcheur du lait. Il exprime la concentration des ions hydrogène dans le lait et représente un indicateur essentiel de sa stabilité chimique. Cette propriété revêt une importance particulière en raison de son influence sur l'état des protéines du lait, notamment la caséine, dont la solubilité et la stabilité sont affectées par les variations du pH (Amiot et al., 2002).

- **La densité**

La densité du lait de chèvre est d'environ 1,022, selon les travaux de Yugol et al. (1982), et cette valeur est relativement stable. Elle diffère cependant de la densité moyenne du lait, qui se situe entre 1,028 et 1,035 à 15 °C, d'après Umiut et al. (2002). Ces différences de

densité sont attribuées à l'influence de deux facteurs opposés : la concentration des éléments dissous et en suspension, et la teneur en matières grasses, dont la densité est inférieure à 1.

- **Acidité**

L'acidité du lait de chèvre est mesurée à environ 20,33°D, comme rapporté par Veinoglont et al. (1982). Cette acidité reste relativement stable tout au long de la lactation, oscillant généralement entre 0,16 et 0,17 d'acide lactique. Cette constance contribue à maintenir la qualité du lait tout au long du processus de production. (Veinoglont et al. 1982)

- **Viscosité**

La viscosité, une caractéristique importante mais souvent négligée, reste à explorer dans le contexte du lait de chèvre. Bien que des recherches spécifiques sur ce sujet soient limitées dans la littérature disponible, il est probable que la viscosité du lait de chèvre soit influencée par sa composition et sa structure. Des études approfondies pourraient fournir des informations précieuses sur cette propriété physico-chimique et ses implications sur la qualité et la transformation du lait de chèvre.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre ; (Fall, 1997)

	Lait de chèvre
pH	**6.525**
acidité	**16**
densité	**1.031**

Tableau 6 : Composition chimique du lait de chèvre, (Anonyme, 2009)

Constituants	Lait de chèvre		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Matière grasse (%)	3,62	3,18	4,13
Protéines totales (%)	3,23	2,99	3,49
Caséine (%)	2,33	2,04	2,65
Protéines sériques (%)	0,73	0,62	1,45
Lactose (%)	4,12	3,88	4,30
Cendres (%)	0,78	0,71	0,81
Ca (mg/100 g)	110	96	125
P (mg/100 g)	109	82	146
Mg (mg/100 g)	13	11	15
K (mg/100 g)	194	173	206

II.3. Propriétés Physicochimiques du Lait de Lait commercial

- **Lait commercial**

Le lait commercial, également connu sous le nom de lait de consommation, est le lait qui est produit et vendu dans les magasins et les supermarchés pour une consommation directe par les consommateurs. Il est généralement pasteurisé pour éliminer les bactéries pathogènes et prolonger sa durée de conservation, bien qu'il puisse également être soumis à d'autres processus de traitement, tels que l'homogénéisation et la fortification en vitamines et minéraux.

Le lait commercial peut provenir de différentes sources, notamment le lait de vache, de chèvre, de brebis ou d'autres espèces animales. Il est souvent standardisé pour garantir une composition uniforme en matières grasses et en protéines, conformément aux normes réglementaires et aux préférences du marché. Le lait commercial est largement consommé dans de nombreux pays du monde et constitue une source importante de nutriments dans l'alimentation quotidienne.

II.3.1 Les caractéristiques physico-chimiques du lait commercial

- **ph**

Le pH du lait commercial, se situe généralement entre 6,5 et 6,7, est une caractéristique essentielle qui influence sa qualité et sa stabilité. Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution, et il est déterminé par la concentration des ions hydrogène (H+) dans cette solution. Dans le cas du lait, le pH est principalement influencé par la présence de divers composants, tels que les acides organiques, les protéines, les minéraux et le lactose. Lorsque le pH du lait est dans la plage de 6,5 à 6,7, cela indique un équilibre relativement neutre à légèrement acide.

- **Acidité**

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présent dans le lait, généralement exprimée en pourcentage d'acide lactique. Cette mesure est réalisée en ajoutant une solution alcaline connue (comme de l'hydroxyde de sodium) à un échantillon de lait jusqu'à ce que le point d'équivalence soit atteint, ce qui est déterminé par un changement de couleur ou un indicateur chimique. La quantité d'acide est ensuite calculée en fonction de la quantité d'alcali nécessaire

pour neutraliser l'acidité présente dans l'échantillon de lait. La plage typique d'acidité titrable pour le lait commercial est généralement de 0,14 % à 0,18 % d'acide lactique.

- **Densité**

La densité du lait, qui varie généralement entre 1,028 et 1,033 g/ml à 15 °C, est une mesure cruciale de sa composition et de sa qualité. Cette plage de densité reflète la diversité des types de lait et des méthodes de production, avec des variations dues à des facteurs tels que la race des vaches, leur alimentation, les pratiques agricoles et les procédés de transformation. La densité du lait est étroitement liée à sa composition chimique, avec les matières grasses, les protéines, le lactose et les minéraux jouant un rôle déterminant.

- **Viscosité**

La viscosité du lait commercial est une caractéristique essentielle qui influe sur sa qualité et sa manipulation lors des processus de production et de transformation. Elle se réfère à la mesure de la résistance du lait à l'écoulement, et cette propriété peut varier en fonction de plusieurs facteurs. La composition chimique du lait commercial est un facteur déterminant de sa viscosité. La viscosité du lait commercial peut également être influencée par des facteurs tels que l'homogénéisation et la pasteurisation. Ces processus modifient la taille et la distribution des particules dans le lait, ce qui peut affecter sa viscosité en altérant sa fluidité et sa cohérence.

Tableau 7 : Caractéristiques physico-chimiques du lait commercial ; (Fall, 1997)

	lait commercial
pH	**6.6**
acidité	**16**
densité	**1.03**

Tableau 8 : Composition chimique du lait commercial (Anonyme, 2009)

Constituants	Lait commercial		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Matière grasse (%)	3,75	3,5	4
Protéines totales (%)	3,25	3	3,5
Caséine (%)	3	2,5	3,5
Protéines sériques (%)	0,7	0,6	0,8
Lactose (%)	4,75	4,5	5
Cendres (%)	0,7	0,6	0,8
Ca (mg/100 g)	115	110	120
P (mg/100 g)	105	90	120
Mg (mg/100 g)	20	10	30
K (mg/100 g)	145	140	150

II.4 Comparaison des paramètres physico-chimiques du lait de vache, de chèvre et commercial :

Le lait de vache et le lait de chèvre présentent des différences significatives en termes de composition nutritionnelle et de propriétés physico-chimiques. Le lait de chèvre, avec ses globules de graisse plus petits et une composition légèrement différente, est souvent mieux toléré par les personnes ayant des sensibilités au lactose ou à la caséine. Cette meilleure tolérance est principalement due à la taille plus petite des globules de graisse et à la structure protéique du lait de chèvre, qui le rendent plus facile à digérer.

De plus, le lait de chèvre contient une proportion plus élevée de certains acides gras à chaîne moyenne, tels que l'acide caprique et l'acide caprylique, qui sont rapidement métabolisés par l'organisme. En revanche, le lait de vache est largement utilisé dans l'industrie laitière pour la fabrication de fromages, yaourts et autres produits en raison de sa composition stable et de sa large disponibilité. La teneur plus élevée en caséine et en lactose du lait de vache le rend particulièrement adapté à la production de fromages à pâte dure et à pâte molle. De plus, le lait de vache est une source riche en calcium et en vitamine D, des nutriments essentiels pour la santé osseuse. Le lait commercial, quant à lui, offre une variété d'options adaptées aux besoins spécifiques des consommateurs. Les versions sans lactose permettent aux personnes intolérantes au lactose de bénéficier des bienfaits nutritionnels du lait sans les inconforts digestifs associés. De plus, le lait commercial enrichi en vitamines et minéraux, tels que la vitamine D et le calcium, répond aux besoins nutritionnels spécifiques de certains groupes de population, comme les enfants, les femmes enceintes et les personnes âgées. Les

différentes options de lait écrémé, partiellement écrémé et entier permettent également aux consommateurs de choisir en fonction de leurs préférences en matière de teneur en matières grasses.

Conclusion :

En conclusion, le lait de vache et le lait de chèvre diffèrent notablement en termes de composition nutritionnelle et de propriétés physico-chimiques. Le lait de chèvre, avec ses globules de graisse plus petits, est souvent mieux toléré par les personnes sensibles au lactose et à la caséine, tandis que le lait de vache est largement utilisé dans l'industrie laitière pour ses caractéristiques stables. Le lait commercial, avec ses versions sans lactose et enrichies, offre des options adaptées aux besoins divers des consommateurs, répondant à une variété de préférences et de besoins diététiques.

CHAPITRE 03 : Matériels et méthodes

Introduction :

Ce troisième chapitre est consacré à une présentation détaillée de l'organisme d'accueil, à savoir **la Laiterie Le Littoral Mostaganem Salamandre GIPLAIT**. Dans un premier temps, nous présenterons les principales caractéristiques de cette laiterie, notamment son historique, ses activités, ses infrastructures ainsi que son engagement en matière de qualité. Par la suite, nous décrirons le matériel et les méthodes adoptés dans le cadre de cette étude, avant d'exposer les analyses physico-chimiques et microbiologiques réalisées. Cette approche permettra de mieux comprendre le contexte de l'étude ainsi que les méthodes employées pour obtenir des résultats fiables et pertinents.

III.1 Présentation de l'organisme d'accueil

L'établissement **« Laiterie Le Littoral Mostaganem Salamandre GIPLAIT »** est une entreprise algérienne spécialisée dans la production et la transformation des produits laitiers. Intégrée au groupe **GIPLAIT**, reconnu comme l'un des principaux acteurs de l'industrie laitière en Algérie, cette laiterie contribue à l'approvisionnement du marché en offrant une large gamme de produits répondant aux exigences des consommateurs. Grâce à son expérience et à son organisation, elle s'efforce d'assurer une production conforme aux normes de qualité et de sécurité alimentaire, tout en participant au développement du secteur laitier à l'échelle nationale.



Figure 3 : Façade publicitaire de la Laiterie Le Littoral Mostaganem (GIPLAIT)

III.1.1 Lieu de stage

La **Laiterie Le Littoral Mostaganem – Salamandre (GIPLAIT)** est située à Salamandre, un quartier côtier de la wilaya de Mostaganem, reconnu pour son emplacement stratégique et son dynamisme économique dans l'ouest de l'Algérie. Cette localisation favorise les activités de production et de distribution de l'entreprise, tout en renforçant son rôle dans le développement de l'industrie laitière régionale.

Spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des produits laitiers, la laiterie propose une gamme diversifiée comprenant notamment le lait de consommation, les yaourts, les fromages ainsi que différents produits dérivés. Elle assure également la production de lait infantile, destiné à répondre aux besoins nutritionnels spécifiques des nourrissons et des jeunes enfants.

Soucieuse de garantir la satisfaction des consommateurs, l'entreprise place la qualité et la sécurité alimentaire au cœur de sa politique de production. Elle veille au respect des normes de qualité et des bonnes pratiques de fabrication à toutes les étapes du processus de production, depuis la réception de la matière première jusqu'au conditionnement des produits finis.

Par ailleurs, la laiterie joue un rôle important dans le développement économique de la région en créant de nombreux emplois directs et indirects et en collaborant avec les éleveurs et les producteurs de lait locaux, contribuant ainsi au soutien de la filière laitière nationale.

En définitive, la **Laiterie Le Littoral Mostaganem – Salamandre (GIPLAIT)** constitue un acteur majeur de l'industrie laitière en Algérie. Grâce à son engagement en faveur de la qualité, de l'innovation et du respect des normes en vigueur, elle participe activement à l'approvisionnement du marché national tout en contribuant au développement socio-économique de la région.

III.1.2 Information et localisation géographique de GIPLAIT

- **Date de construction : 1985.**
- **Groupe : GIPLAIT**
- **Filaire : Mostaganem.**
- **Activité : laiterie.**
- **Adresse : route de l'ex SONIC la salamandre Mostaganem.**
- **Mise en service : 10-01-1987.**
- **E-mail : laiteriemosta@yahoo.fr .**
- **Tel : 045 30 84 57.**
- **Responsables : SADAWI Ismail président directeur général.**
- **Produits fabriques : lait, l'ben, Rayeb, le beurre, la crème, Cherbet, yaourts.**
- **Destination des produits : consommation générale.**
- **Capacité de production : 58 000 litres /jour soit 7 750 000 litres/an.**



Figure 4 : Localisation géographique de la Laiterie Le Littoral Mostaganem – Salamandre (GIPLAIT).

III.2 Méthodes

III.2.1 L'objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de l'origine du lait sur ses principales caractéristiques physico-chimiques. Pour atteindre cet objectif, une analyse comparative a été réalisée sur trois types de lait : le lait de vache, le lait de chèvre et le lait en poudre reconstitué. Les analyses ont porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques essentiels, notamment le pH, la densité, l'acidité titrable et la teneur en matière grasse, afin de mettre en évidence les différences susceptibles d'exister entre ces différents types de lait. En complément, une étude de l'évolution du pH du lait en poudre reconstitué a été effectuée sur quatre jours de la semaine (dimanche, lundi, mercredi et jeudi), dans le but d'apprécier la stabilité de ce paramètre au cours du temps. Cette démarche permet de mieux comprendre les particularités physico-chimiques de chaque type de lait, tout en fournissant des données utiles pour l'évaluation de leur qualité et leur valorisation dans le domaine de l'industrie laitière.

III.2.2. Échantillonnage

Le prélèvement des échantillons de lait utilisés dans cette étude a été effectué au cours d'une seule journée dans la région de Mostaganem, afin de garantir l'uniformité des conditions d'échantillonnage et de limiter l'influence des facteurs temporels sur les résultats obtenus. Les échantillons de lait de vache et de lait de chèvre ont été collectés directement auprès d'élevages locaux, tandis que le lait en poudre a été obtenu auprès de la Laiterie Le Littoral Mostaganem (GIPLAIT).

Pour chaque type de lait, un volume de 2 litres a été prélevé. Les échantillons ont ensuite été soigneusement homogénéisés afin d'assurer une répartition uniforme de leurs constituants, puis répartis dans des flacons de 200 mL préalablement nettoyés, préparés et étiquetés. Chaque flacon portait des informations permettant son identification, notamment le type de lait, la date de prélèvement et le numéro de l'échantillon, facilitant ainsi le suivi des analyses réalisées au laboratoire.

Après le conditionnement, les échantillons ont été immédiatement conservés à une température de 4 ± 1 °C et transportés dans une glacière isotherme jusqu'au laboratoire. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées dans un délai ne dépassant pas 24 heures après le

prélèvement, afin de préserver les caractéristiques initiales des échantillons et de garantir la fiabilité des résultats obtenus.

Par ailleurs, une étude complémentaire a été menée sur le lait en poudre reconstitué. Cette étude a consisté à suivre l'évolution du pH durant quatre jours de la semaine, à savoir le dimanche, le lundi, le mercredi et le jeudi. Les mesures ont été effectuées dans le but d'évaluer les éventuelles variations de ce paramètre au cours du temps et d'apprécier la stabilité physico-chimique du lait reconstitué, ce paramètre étant considéré comme un indicateur important de la qualité du produit.



Figure 5: préparation des échantillons (photo originale)

III.4 Analyses physico-chimiques de lait

III.4.1. Détermination de la densité

La mesure de la densité du lait repose sur la comparaison de sa masse volumique à celle de l'eau à une température de référence de 20 °C. Cette analyse est réalisée à l'aide d'un thermo-lacto-densimètre, un appareil spécialement conçu pour les produits laitiers. Avant toute mesure, l'échantillon de lait est maintenu à une température constante de 20 °C afin de garantir la fiabilité et la précision des résultats. Une fois cette condition atteinte, le densimètre est introduit dans l'échantillon et la valeur de la densité est lue directement puis enregistrée. En général, la densité normale du lait varie entre 1,028 et 1,034 g/cm³. Ce paramètre constitue un indicateur essentiel de la qualité du lait, car il permet de détecter d'éventuelles modifications de sa composition, notamment celles résultant d'une dilution par ajout d'eau ou d'autres altérations du produit.

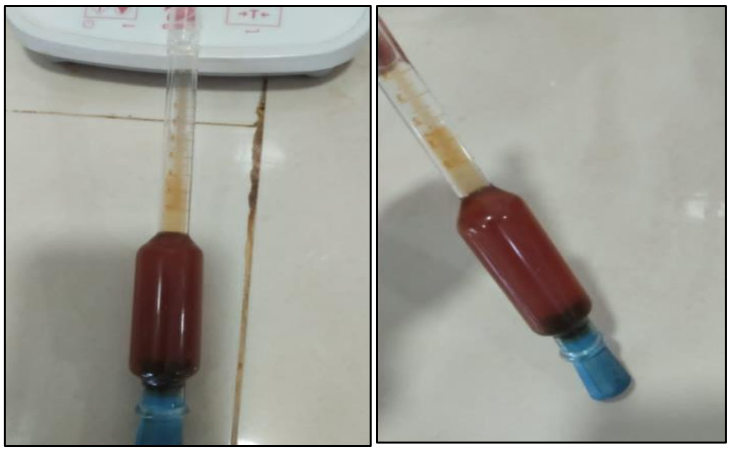


Figure 6 : UN thermo –lactodensimètre(originale 2026)

III.4.2 Mesure de l'acidité titrable

La détermination de l'acidité du lait est basée sur une réaction de neutralisation entre l'acide lactique contenu dans les échantillons de lait et une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), en utilisant la phénolphtaléine comme indicateur coloré. Cette méthode permet de mesurer l'acidité titrable du lait, exprimée en degré Dornic (°D), sachant qu'un degré Dornic correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait (Luquet, 1985). Pour réaliser cette analyse, 10 mL de lait sont prélevés dans un bécher, puis trois gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées. L'échantillon est ensuite titré progressivement avec la solution de NaOH jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante, traduisant l'atteinte du point d'équivalence. La valeur de l'acidité est enfin déterminée et exprimée en degrés Dornic (°D).



Figure 7 : Détermination de l'acidité (originale 2026)

III.4.3 Mesure de pH

La détermination du pH du lait est réalisée immédiatement après le prélèvement des échantillons à l'aide d'un pH-mètre électronique, afin d'apprécier leur fraîcheur et leur stabilité. Avant chaque mesure, l'appareil est soigneusement étalonné à l'aide de solutions tampons de pH 4 et pH 7, garantissant ainsi la fiabilité et la précision des résultats. Une fois l'étalonnage effectué, l'électrode est immergée dans l'échantillon de lait jusqu'à la stabilisation de la lecture. La valeur du pH est ensuite relevée et enregistrée. Ce paramètre constitue un indicateur important de la qualité du lait, puisqu'il permet d'évaluer son état de conservation et de mettre en évidence d'éventuelles modifications liées au développement de la flore microbienne ou au début des phénomènes de fermentation.

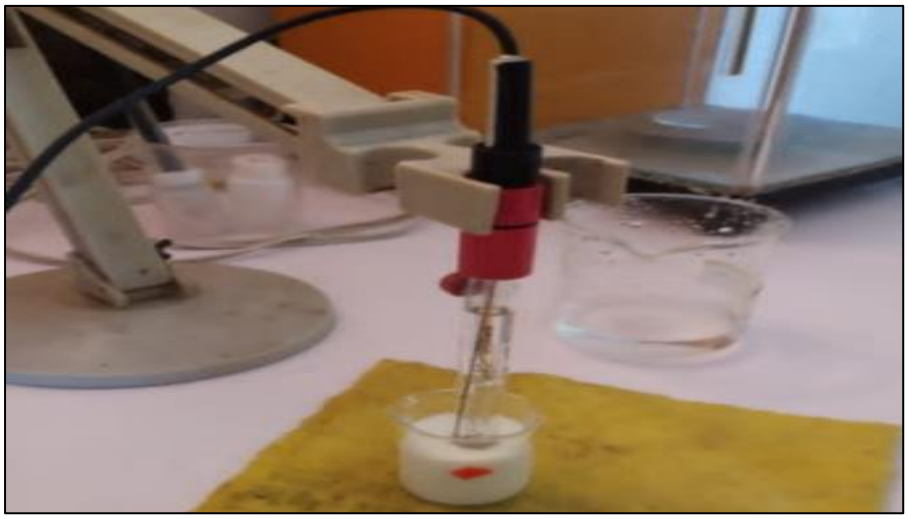


Figure 8 :Ph mètre (originale 2026)

III.4.4 Détermination de la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse du lait est déterminée selon la méthode acido-butyrométrique de Gerber, une méthode de référence largement utilisée pour l'analyse des produits laitiers. Cette technique consiste à introduire 10 mL de lait dans un butyromètre, puis à ajouter 10 mL d'acide sulfurique concentré afin de dissoudre les protéines et de libérer la matière grasse. Par la suite, 1 mL d'alcool isoamylique est ajouté pour favoriser la séparation de la phase grasse. Le butyromètre est ensuite soumis à une centrifugation, permettant à la matière grasse de se concentrer dans la partie graduée de l'appareil. Enfin, la teneur en matière grasse est lue directement sur l'échelle graduée et exprimée en pourcentage (%).



Figure 9 : Détermination de la teneur en matière grasse (photo originale)

CHAPITRE 04 : Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

Introduction

Ce chapitre présente une analyse comparative des résultats physico-chimiques et microbiologiques obtenus à partir des différents types de lait étudiés, à savoir le lait de vache, le lait de chèvre et le lait commercial. L'objectif principal est de mettre en évidence les différences observées entre ces trois types de lait en s'appuyant sur leurs caractéristiques physico-chimiques ainsi que sur leur qualité microbiologique. L'interprétation des résultats permet d'évaluer la qualité des échantillons analysés, d'identifier les particularités propres à chaque type de lait et d'établir une comparaison fondée sur les paramètres étudiés. Cette analyse apporte également des informations utiles pour une meilleure compréhension de la qualité des laits et de leur intérêt tant pour l'industrie laitière que pour les consommateurs.

IV.1 Résultats comparatifs des analyses physico-chimiques des différents types de lait

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les différents échantillons de lait sont présentés ci-dessous. Ils permettent de comparer les principales caractéristiques de chaque type de lait et d'apprécier les variations observées en fonction des paramètres étudiés

Tableau 9 : Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des différents types de lait (lait de chèvre, lait de vache et lait en poudre)

/	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait en poudre
La densité	1.030	1.025	1.031
L'acidité	15	18	14
MG	38	30	15
PH	6.92	6.04	/

Tableau 10 : Évolution du pH du lait de vache et du lait en poudre au cours de la période de conservation

PH	dimanche	lundi	mardi	mercredi	Jeudi
Lait en poudre	4.80	4.71	/	4.46	4.24
	4.85	4.72	/	4.45	4.24
	4.84	4.73	/	4.46	4.24
Lait de vache	4.71	4.67	/	4.65	4.57
	4.72	4.64	/	4.52	4.54
	4.70	4.63	/	4.61	4.62

- **Discussion de la densité du lait**

La densité constitue un paramètre physicochimique essentiel dans l'évaluation de la qualité du lait. Elle reflète la concentration des matières dissoutes, notamment les protéines, le lactose, les sels minéraux et la matière grasse. La mesure de la densité permet également de détecter certaines anomalies telles que l'ajout d'eau, l'écrémage partiel ou les variations de composition liées à l'alimentation et au stade de lactation des animaux.

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la densité du lait de chèvre est de 1,030, celle du lait en poudre reconstitué est de 1,031, tandis que celle du lait de vache est de 1,025.

La densité observée pour le lait de chèvre (1,030) est conforme aux valeurs généralement rapportées dans la littérature scientifique, où la densité du lait de chèvre varie entre 1,028 et 1,034 à 20 °C. Cette valeur traduit une composition équilibrée en matière sèche et suggère que l'échantillon analysé n'a subi ni dilution ni écrémage. Une densité normale est souvent considérée comme un indicateur de bonne qualité physicochimique du lait.

Le lait en poudre reconstitué présente une densité de 1,031, valeur très proche de celle du lait de chèvre. Cette proximité peut s'expliquer par le respect des recommandations de reconstitution du fabricant, permettant d'obtenir une concentration en matières sèches similaire à celle d'un lait normal. Cette valeur indique également que la préparation du lait en poudre a été réalisée correctement.

En revanche, le lait de vache présente une densité de 1,025, valeur légèrement inférieure aux normes habituellement admises pour le lait cru, comprises entre 1,028 et 1,034. Cette diminution peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment une teneur plus élevée en matière grasse, une dilution accidentelle par ajout d'eau, des variations physiologiques liées à la race des animaux, au stade de lactation ou encore aux conditions d'alimentation. Une faible densité peut également résulter d'une diminution de la matière sèche totale.

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Alais (1984), qui indique que la densité normale du lait frais se situe généralement entre 1,028 et 1,034. Ainsi, la densité du lait de chèvre obtenue dans notre étude est parfaitement conforme à cette plage de référence, tandis que celle du lait de vache apparaît légèrement inférieure.

Par ailleurs, Park, Juárez, Ramos et Haenlein (2007) ont montré que la densité du lait de chèvre varie généralement entre 1,029 et 1,033, selon la race, la saison, le régime alimentaire et les conditions d'élevage. Notre résultat (1,030) est donc en accord avec les valeurs publiées par ces auteurs.

Une étude réalisée par Aggad et al. (2009) sur des échantillons de lait cru en Algérie rapporte également des valeurs de densité comprises entre 1,028 et 1,032, tout en soulignant que certaines valeurs plus faibles peuvent être observées lorsque le lait est partiellement dilué ou lorsque sa composition est modifiée par des facteurs physiologiques. La valeur de 1,025 obtenue pour le lait de vache dans notre étude pourrait ainsi s'expliquer par une légère variation de la composition du lait ou par une diminution de sa matière sèche.

Globalement, les résultats obtenus montrent que le lait de chèvre et le lait en poudre reconstitué présentent une densité conforme aux références bibliographiques, traduisant une bonne qualité physicochimique. En revanche, la densité légèrement plus faible du lait de vache mérite une attention particulière, car elle peut influencer certaines propriétés technologiques du lait, notamment son rendement fromager et sa stabilité au cours des transformations.

- **Discussion de l'acidité du lait**

L'acidité titrable représente l'un des principaux paramètres physicochimiques utilisés pour apprécier la qualité du lait cru et son aptitude à la transformation technologique. Elle exprime la quantité totale d'acides présents dans le lait, principalement l'acide lactique produit lors de la fermentation du lactose par les bactéries lactiques. L'acidité constitue également un

excellent indicateur de la fraîcheur du lait, de son état de conservation ainsi que de son niveau de contamination microbiologique. En effet, toute augmentation de l'activité bactérienne entraîne une production progressive d'acide lactique, ce qui provoque une élévation de l'acidité et une diminution simultanée du pH.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'acidité du lait de chèvre est de 15 °D, celle du lait de vache est de 18 °D, tandis que le lait en poudre reconstitué présente une acidité de 14 °D.

La valeur enregistrée pour le lait de chèvre (15 °D) se situe dans les limites généralement admises pour un lait frais et sain, qui varient entre 15 et 18 °D. Cette valeur témoigne d'un lait relativement frais dont les caractéristiques physicochimiques sont restées stables jusqu'au moment de l'analyse. Une acidité normale traduit généralement une faible activité microbienne ainsi qu'un respect satisfaisant des conditions d'hygiène lors de la traite, du transport et du stockage.

Concernant le lait de vache, une acidité de 18 °D a été observée. Cette valeur correspond à la limite supérieure des normes généralement admises pour le lait cru. Bien qu'elle reste acceptable, elle traduit un début d'évolution biologique du lait. Cette légère augmentation de l'acidité peut être expliquée par le développement des bactéries lactiques qui utilisent le lactose comme source d'énergie et produisent progressivement de l'acide lactique. Plusieurs facteurs peuvent favoriser cette acidification, notamment un délai prolongé entre la traite et l'analyse, une température de conservation insuffisamment basse, des conditions d'hygiène imparfaites ou encore une charge microbienne initiale relativement importante.

En revanche, le lait en poudre reconstitué présente une acidité de 14 °D, légèrement inférieure à celle du lait frais. Cette différence peut être attribuée au traitement thermique intense subi lors de la fabrication de la poudre de lait. Les opérations de pasteurisation, de concentration et de séchage réduisent considérablement la flore microbienne responsable de la fermentation lactique. Par conséquent, la production d'acide lactique reste limitée après la reconstitution, ce qui explique la faible acidité observée. Cette valeur traduit également une bonne qualité technologique de la poudre de lait utilisée.

Les résultats obtenus dans cette étude sont comparables à ceux rapportés par Alais (1984), qui indique que l'acidité normale du lait frais varie généralement entre 15 et 18 °D. Selon cet auteur, une acidité inférieure à 15 °D peut être observée dans certains laits

récemment traits ou légèrement dilués, tandis qu'une acidité dépassant 18 °D traduit généralement le début d'une fermentation lactique.

Nos résultats sont également en accord avec ceux de Park et al. (2007), qui rapportent que le lait de chèvre présente habituellement une acidité comprise entre 14 et 17 °D. La valeur de 15 °D obtenue dans notre étude confirme ainsi la bonne qualité du lait caprin analysé et son excellent état de fraîcheur.

Par ailleurs, Mahieu (1991) souligne que plusieurs facteurs influencent directement l'acidité du lait, notamment la race des animaux, le stade de lactation, la composition alimentaire, les conditions climatiques ainsi que les modalités de stockage après la traite. Ces différents paramètres expliquent les variations observées entre le lait de chèvre, le lait de vache et le lait en poudre reconstitué.

Une étude réalisée par Aggad et al. (2009) sur le lait cru commercialisé dans l'ouest de l'Algérie rapporte des valeurs d'acidité comprises entre 16 et 20 °D. Les auteurs expliquent que les valeurs les plus élevées sont souvent liées à une contamination microbiologique importante ainsi qu'à une rupture de la chaîne du froid. En comparaison avec cette étude, le lait de vache analysé dans notre travail présente une acidité relativement élevée (18 °D), ce qui pourrait traduire une activité bactérienne plus importante que celle observée dans le lait de chèvre. En revanche, l'acidité du lait de chèvre reste plus faible et traduit une meilleure stabilité microbiologique.

Les travaux de Amiot (2002) confirment également que l'acidité est étroitement liée à la qualité sanitaire du lait. Selon cet auteur, une augmentation progressive de l'acidité provoque une déstabilisation des micelles de caséine, diminue la stabilité thermique du lait et influence négativement son aptitude à la transformation fromagère et à la fabrication des produits laitiers fermentés. À l'inverse, une acidité normale garantit une meilleure conservation ainsi qu'une meilleure qualité technologique.

Globalement, les résultats obtenus montrent que les trois types de lait présentent des valeurs d'acidité compatibles avec les normes généralement admises. Toutefois, le lait de chèvre apparaît comme le plus stable du point de vue physicochimique grâce à une acidité normale de 15 °D, alors que le lait de vache, avec 18 °D, se situe à la limite supérieure des valeurs de référence, traduisant un début d'acidification susceptible d'affecter sa qualité au cours du stockage. Quant au lait en poudre reconstitué, son acidité plus faible (14 °D) reflète

essentiellement les effets du traitement thermique appliqué lors de sa fabrication et la faible activité microbiologique qui en résulte.

- **Discussion de la matière grasse (MG)**

La matière grasse constitue l'un des principaux constituants du lait et représente un critère essentiel dans l'évaluation de sa qualité nutritionnelle, technologique et commerciale. Elle est principalement composée de triglycérides, mais renferme également des phospholipides, des stérols, des vitamines liposolubles (A, D, E et K) ainsi que des acides gras essentiels. La teneur en matière grasse influence directement les propriétés organoleptiques du lait, notamment sa saveur, son onctuosité, sa texture ainsi que son aptitude à la transformation en produits laitiers tels que le fromage, le beurre et le yaourt.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent une variation importante de la teneur en matière grasse selon le type de lait analysé. Le lait de chèvre présente une teneur en matière grasse de 38 g/L (3,8 %), le lait de vache une teneur de 30 g/L (3,0 %), tandis que le lait en poudre reconstitué affiche une valeur de 15 g/L (1,5 %).

La valeur enregistrée pour le lait de chèvre est la plus élevée parmi les échantillons étudiés. Cette observation est conforme aux caractéristiques physicochimiques du lait caprin, généralement reconnu pour sa richesse en lipides. Cette richesse s'explique par des facteurs physiologiques propres à l'espèce caprine ainsi que par la présence de globules gras de petite taille, qui facilitent non seulement la digestibilité mais améliorent également le rendement fromager. Une teneur élevée en matière grasse confère au lait de chèvre une valeur énergétique importante et une meilleure aptitude à la fabrication des fromages.

Le lait de vache présente une teneur de 30 g/L, correspondant à 3 %, valeur considérée comme normale pour un lait cru provenant d'animaux en lactation. Cette teneur reste compatible avec les normes généralement admises et traduit une composition relativement équilibrée. Toutefois, elle demeure inférieure à celle observée dans le lait de chèvre, ce qui confirme les différences physiologiques existant entre les deux espèces.

En revanche, le lait en poudre reconstitué présente la teneur la plus faible (15 g/L). Cette diminution s'explique principalement par le type de poudre utilisé. En effet, de nombreuses poudres de lait commercialisées sont partiellement ou totalement écrémées afin d'améliorer leur conservation et de limiter l'oxydation des matières grasses durant le stockage.

Lors de la reconstitution, la teneur lipidique demeure donc inférieure à celle observée dans le lait frais.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux rapportés par Park et al. (2007), qui indiquent que la teneur en matière grasse du lait de chèvre varie généralement entre 3,2 et 4,5 %, selon la race, le stade de lactation, l'alimentation et les conditions d'élevage. La valeur obtenue dans notre étude (3,8 %) se situe parfaitement dans cette plage de référence, confirmant ainsi la bonne qualité nutritionnelle du lait caprin analysé.

Concernant le lait de vache, Alais (1984) rapporte que la teneur moyenne en matière grasse du lait cru est comprise entre 3,0 et 4,0 %. La valeur observée dans notre étude (3,0 %) correspond donc à la limite inférieure de cette plage, tout en restant conforme aux valeurs habituellement rencontrées dans les élevages bovins.

Les travaux de Amiot (2002) soulignent que plusieurs facteurs influencent directement la teneur en matière grasse du lait. Parmi ces facteurs figurent la race des animaux, le stade de lactation, la qualité de l'alimentation, la saison, les conditions climatiques, l'état sanitaire des animaux ainsi que les pratiques d'élevage. Les variations observées entre le lait de chèvre et le lait de vache dans cette étude peuvent donc être attribuées à ces différents facteurs biologiques et environnementaux.

Par ailleurs, Haenlein (2004) rapporte que le lait de chèvre possède généralement une teneur lipidique légèrement supérieure à celle du lait de vache, mais surtout une composition en acides gras différente, caractérisée par une proportion plus importante d'acides gras à chaîne courte et moyenne. Cette particularité explique sa meilleure digestibilité et son intérêt nutritionnel croissant chez les consommateurs sensibles aux troubles digestifs.

Les résultats obtenus sont également en accord avec plusieurs études réalisées en Algérie, notamment celle de Aggad et al. (2009), qui montrent que la teneur en matière grasse du lait cru varie en fonction des saisons, des conditions d'alimentation et des systèmes d'élevage. Les auteurs soulignent que des valeurs proches de 3 % sont fréquemment observées chez le lait de vache, tandis que le lait de chèvre présente généralement des teneurs plus élevées.

Du point de vue technologique, une teneur élevée en matière grasse constitue un avantage majeur pour la transformation fromagère. En effet, elle améliore le rendement de fabrication, augmente la fermeté du caillé et contribue au développement des qualités

sensorielles des fromages. Ainsi, le lait de chèvre analysé dans cette étude apparaît particulièrement adapté à la fabrication fromagère en raison de sa richesse lipidique.

En conclusion, les résultats obtenus montrent que le lait de chèvre possède la teneur en matière grasse la plus élevée (38 g/L), suivi du lait de vache (30 g/L), tandis que le lait en poudre reconstitué présente la valeur la plus faible (15 g/L). Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature scientifique et confirment que le lait de chèvre offre un intérêt nutritionnel et technologique supérieur, notamment pour la production de fromage et d'autres produits laitiers à forte valeur ajoutée.

- **Discussion du pH du lait de chèvre et du lait de vache**

Le pH est un paramètre physicochimique fondamental permettant d'apprécier la fraîcheur, la stabilité et la qualité sanitaire du lait. Il renseigne sur l'équilibre entre les composés acides et basiques présents dans le lait et constitue un indicateur sensible de l'activité microbienne. Chez un lait fraîchement trait, le pH est généralement compris entre 6,60 et 6,80. Toute diminution de cette valeur traduit habituellement une production d'acide lactique résultant de la fermentation du lactose par les bactéries lactiques.

Dans la présente étude, le lait de chèvre présente un pH de 6,92, tandis que le lait de vache affiche un pH de 6,04. Cette différence met en évidence une meilleure stabilité physicochimique du lait de chèvre par rapport au lait de vache.

La valeur élevée observée pour le lait de chèvre peut être attribuée à une excellente qualité microbiologique ainsi qu'à de bonnes conditions de traite et de conservation. Ce résultat indique que le lactose n'a pratiquement pas subi de fermentation et que la production d'acide lactique demeure très faible. En revanche, le pH relativement bas du lait de vache traduit une acidification plus importante, probablement liée au développement des bactéries lactiques pendant le stockage. Cette acidification peut résulter d'une température de conservation inadéquate, d'un délai entre la traite et l'analyse ou d'une contamination microbienne plus élevée.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux de Park et al. (2007), qui rapportent que le pH du lait de chèvre varie généralement entre 6,70 et 6,90. La valeur obtenue dans notre étude (6,92) est légèrement supérieure mais reste proche des valeurs de référence. En revanche, Alais (1984) indique que le pH normal du lait de vache est compris entre 6,60 et

6,80. La valeur obtenue dans notre travail (6,04) est donc inférieure à la normale et traduit une acidification relativement avancée.

Ces observations concordent également avec les travaux de Aggad et al. (2009) réalisés sur le lait cru en Algérie, où les auteurs ont montré que les échantillons présentant un pH inférieur à 6,40 étaient généralement associés à une charge microbienne élevée et à une conservation insuffisante. Nos résultats suggèrent ainsi que le lait de chèvre possède une meilleure stabilité microbiologique que le lait de vache dans les conditions de cette étude.

En conclusion, le lait de chèvre présente une meilleure qualité physicochimique, tandis que le lait de vache montre des signes d'acidification pouvant affecter sa conservation et son aptitude à la transformation.

- **Discussion de l'évolution du pH du lait de vache et du lait en poudre pendant les jours de conservation**

Les mesures du pH réalisées au cours des différents jours de conservation montrent une évolution progressive aussi bien pour le lait de vache que pour le lait en poudre reconstitué.

Pour le lait de vache, les valeurs enregistrées sont de 4,71 (dimanche), 4,72 (lundi), 4,67 (mercredi) et 4,64 (jeudi). Ces résultats mettent en évidence une légère augmentation entre le dimanche et le lundi, suivie d'une diminution progressive durant les jours suivants. Cette évolution traduit probablement une intensification de l'activité des bactéries lactiques responsables de la production d'acide lactique. Plus la durée de conservation augmente, plus le lactose est transformé en acide lactique, ce qui entraîne une baisse du pH. Les faibles variations observées entre les différents jours indiquent néanmoins que l'acidification est restée progressive.

Concernant le lait en poudre reconstitué, les valeurs obtenues sont de 4,46 (dimanche), 4,45 (lundi), 4,46 (mercredi) et 4,54 (jeudi). Contrairement au lait de vache, le pH du lait en poudre demeure relativement stable durant toute la période de conservation. Les écarts observés restent très faibles, ce qui témoigne d'une excellente stabilité physicochimique. Cette stabilité s'explique principalement par les traitements thermiques appliqués lors de la fabrication de la poudre de lait, qui réduisent considérablement la flore microbienne et limitent ainsi la production d'acide lactique.

La comparaison entre les deux types de lait montre que le lait de vache présente des variations plus importantes que le lait en poudre. Cette différence peut être attribuée à la richesse du lait cru en microorganismes naturels, alors que le lait en poudre a subi des traitements industriels diminuant fortement sa charge microbienne. Par conséquent, les phénomènes de fermentation sont plus limités dans le lait reconstitué.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Walstra et al. (2006), qui indiquent que le lait en poudre reconstitué présente généralement une meilleure stabilité du pH que le lait cru au cours de la conservation grâce à sa faible contamination microbiologique initiale.

De même, Fox et McSweeney (2015) ont montré que les variations du pH sont fortement influencées par la température de stockage, la qualité microbiologique du lait et les conditions de manipulation. Selon ces auteurs, le lait cru subit généralement une acidification plus rapide que le lait reconstitué.

Les observations de cette étude sont également comparables à celles de Tamime (2009), qui rapporte que les laits reconstitués conservent un pH relativement stable pendant plusieurs jours sous réfrigération, alors que les laits crus présentent une diminution progressive du pH en raison de l'activité des bactéries lactiques.

Enfin, Aggad et al. (2009) ont observé des diminutions similaires du pH du lait cru conservé en réfrigération, en attribuant cette évolution à la multiplication des microorganismes et à la fermentation du lactose.

Ainsi, la présente étude confirme que le lait en poudre reconstitué possède une meilleure stabilité du pH durant la conservation que le lait de vache, ce qui constitue un avantage important pour sa durée de conservation et sa qualité technologique.

Conclusion :

Au terme de cette recherche approfondie, il apparaît de manière évidente que l'évaluation des propriétés physico-chimiques et le contrôle rigoureux de la qualité du lait constituent des piliers fondamentaux et incontournables au sein de l'industrie agroalimentaire moderne. Ces démarches scientifiques et analytiques ne se limitent pas seulement à certifier la conformité réglementaire des produits mis sur le marché, mais elles jouent un rôle prépondérant dans la préservation de la santé publique, la prévention des toxi-infections alimentaires et la garantie d'une sécurité sanitaire irréprochable pour le consommateur final.

L'analyse comparative rigoureuse que nous avons menée entre les différents types de lait (vache, chèvre et lait commercial) a mis en lumière des divergences biochimiques et technologiques significatives, influençant directement leurs aptitudes à la transformation et leur conservation. D'une part, le lait de chèvre s'est affirmé comme une matrice riche et particulièrement intéressante, dotée de spécificités nutritionnelles remarquables et d'une digestibilité supérieure qui le destinent idéalement à des filières de transformation à forte valeur ajoutée, notamment en fromagerie artisanale ou industrielle. D'autre part, le lait de vache, bien que constituant le socle quantitatif de la production laitière, requiert une vigilance de tous les instants face à la prolifération microbienne rapide, soulignant la fragilité de sa structure face aux conditions de manipulation. Quant au lait en poudre reconstitué, il offre une alternative technologique stable et standardisée, hautement prévisible pour les exigences de production de masse.

Par conséquent, face aux défis croissants de compétitivité, de durabilité et de sécurité alimentaire, il est vivement recommandé aux unités de production et de transformation, à l'instar du complexe GIPLAIT, d'investir continuellement dans l'optimisation des protocoles d'hygiène rigoureux, de renforcer impérativement le maillage et le suivi rigoureux de la chaîne du froid dès la collecte à la ferme, et d'intégrer des technologies analytiques de pointe. Ces mesures préventives permettront non seulement de minimiser les risques d'altération et de pertes économiques, mais aussi d'honorer les standards de qualité les plus exigeants, valorisant ainsi pleinement le potentiel nutritionnel et technologique de notre patrimoine laitier national.

Références bibliographiques

- Aggad, H., Mahouz, F., Ahmed Ammar, Y., & Kihal, M. (2009). Évaluation de la qualité hygiénique du lait cru dans l'Ouest algérien. *Revue de Médecine Vétérinaire, 160*(12), 590–595.
- Alais, C. (1984). *Science du lait : Principes des techniques laitières* (4e éd.). Paris : SEPAIC.
- Amiot, J., Fourner, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In C. L. Vignola, *Science et technologie du lait : Transformation du lait*. École Polytechnique de Montréal, 600 p.
- Aboutayeb, R. (2011). *Technologie du lait et dérivés laitiers : Composition, physico-chimie et microbiologie du lait*. Disponible sur : http://www.azaquar.com
- Anonyme. (2009). *Guide d'élevage de chèvre*. Centres de références en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec, Canada, 7 p.
- Berrabeh, N. (2015). *Contribution des variations des paramètres physico-chimiques du lait cru dans la région de M'Sila*. Mémoire de Master, Département des Sciences Agronomiques, Université de M'Sila, 57 p.
- Bitman, J., Wood, D., Miller, et al. (1996). Comparison of milk and blood lipids in Jersey and Holstein cows fed total mixed rations with or without whole cottonseed. *Journal of Dairy Science*.
- Brule, G. (1987). *Le lait, matière première de l'industrie laitière*. CEPIL-INRA, Paris, 132 p.
- Debry, G. (2001). *Lait, nutrition et santé*. Paris : Tec & Doc, 566 p.
- Doyon, A. (2005). Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre : revue des travaux récents. *Colloque sur la chèvre*, CRAAQ, Québec, Canada.
- Fall, C. L. (1997). *Étude des fraudes du lait cru : Mouillage et écrémage*. Thèse de l'École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire (EISMV), Dakar, Sénégal, 80 p.
- Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2015). *Advanced Dairy Chemistry*. Springer.
- Ghaoues, S. (2011). *Évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'Est algérien*. Mémoire de Magister, Constantine, pp. 3–19.

- Goy, D., Häni, J. P., Wechsler, D., & Jakob, E. (2005). *Valeur de la teneur en caséine du lait de fromagerie*. Agroscope Liebefeld-Posieux, Groupe de discussions Gruyère, 12 p.
- Haenlein, G. F. W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research, 51*(2), 155–163.
- Ilboudo, A. J., Savadogo, A., Seydi, M. G., & Traore, A. S. (2012). Place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 6*(6), 6075–6087.
- Jaque, P. (1998). *Alimentation et santé*. Paris : INRA, 540 p.
- Jean, C., & Dijon, C. (1993). *Au fil du lait*. ISBN 2-86621-172-3.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G. (2008). *Les produits laitiers* (2e éd.). Paris : Tec & Doc, Lavoisier, 185 p.
- JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (1993). Arrêté interministériel du 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation, section I, art. 3. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n° 69, pp. 16–20.
- Laure, Danielle, Marie, et al. (2007). *Bilan du taux de contamination et étude préparatoire au dosage de résidus de produits phytosanitaires dans le lait de grand mélange bovin*. Thèse présentée à l'Université Claude Bernard, Médecine, Lyon, 184 p.
- Luquet, F. M. (1985). *Lait et produits laitiers : Vache-Brebis-Chèvre. Vol. 1 : Les laits de la mamelle à la laiterie*. Paris : Lavoisier, Tec & Doc, 397 p.
- Madji, A. (2009). *Séminaire sur les fromages AOP et IGP*. INAT, Tunisie.
- Mahieu, H. (1991). *Le lait : Contrôle de qualité*. Paris : Lavoisier.
- Mathieu, J. (1999). *Initiation à la physicochimie du lait*. Paris : Lavoisier, Tec & Doc, 220 p.
- Neville, M. C., Zhang, P., & Allen, J. C. (1995). Minerals, ions, and trace elements in milk. A-ionic interactions in milk. In R. G. Jensen, *Handbook of Milk Composition*. Academic Press, San Diego, pp. 577–592.
- Nouiri, W. (2018). *Étude de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de brebis élevée dans les conditions steppiques : cas de la région de Tébessa*. Mémoire de Master, Département des Sciences Agronomiques, Université de Biskra, 60 p.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research, 68*(1–2), 88–113.

- Pougheon, S., & Goursaud, J. (2001). Le lait : caractéristiques physico-chimiques. In G. Debry, *Lait, nutrition et santé*. Paris : Tec & Doc, 566 p.
- Steijns, J. (2008). Dairy products and health: Focus on their constituents or on the matrix. *International Dairy Journal*.
- Stoll, W. (2003). Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait. *RAP Agri*, n° 15/2003, vol. 9, Suisse.
- Tamime, A. Y. (2009). *Milk Processing and Quality Management*. Wiley-Blackwell.
- Vierling, E. (2003). *Aliment et boisson : Filière et produit* (2e éd.). Doin Éditeurs, Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine, 270 p.
- Vierling, E. (2008). *Aliments et boissons : Filières et produits* (3e éd.). CRDP d'Aquitaine, France, 277 p.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. CRC Press.
- Zeller, B. (2005). *Le fromage de chèvre : Spécificités technologiques et économiques*. Thèse de doctorat, Université Paul-Sabatier, École Nationale Vétérinaire, Toulouse, France, 81 p.