



**République Algérienne Démocratique Et Populaire**



**Ministère De L'enseignement Supérieure Et De La Recherche Scientifique**

**Université Abbés Laghrou-Khenchela**

**Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie**

**Département De Biologie Moléculaire Et Cellulaire**

**Mémoire**

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**Master Académique**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie appliquée**

**Thème**

**Étude expérimentale de l'influence de la température de conservation sur l'activité microbienne et la teneur en glucides du lait en vue de son adaptation aux besoins des diabétiques**

**Présenté par :**

**Hamzaoui Amal**

**Toumi Chaima**

**Encadré par :**

**Dr. Zakaria Badis**

**Membre de jury :**

**Président : Dr. Sedrati abd ennour**

**MCA**

**Université de Khenchela**

**Encadrant : Dr. BADIS Zakaria**

**MCB**

**Université de Khenchela**

**Examineur : Dr. LAABAA Rabah**

**MCA**

**Université de Khenchela**

**Promotion 2024/2025**



# Remerciements

Nous remercions tout d'abord **Allah**, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la patience, la santé, la volonté et la force nécessaires pour accomplir ce travail. Sans Sa miséricorde, rien n'aurait été possible.

Nous exprimons notre sincère gratitude à notre encadrant, **Dr Zakaria Badis**, pour sa disponibilité, son accompagnement scientifique, ses conseils pertinents et sa bienveillance tout au long de cette étude. Sa rigueur et ses orientations ont été d'une importance capitale dans la réussite de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier **DR. Sedrati Abd Ennour**, Maître-Assistant à l'Université Abbas Laghrour – Khenchela, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider notre jury.

Nos sincères remerciements vont également à **Dr. LAABAA Rabah** Pour sa participation active à la soutenance.

Nous n'oublions pas l'ensemble de nos enseignants du Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire, pour la qualité de leur enseignement et leur accompagnement tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, nous remercions chaleureusement l'équipe du laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, ainsi que le laboratoire de la Direction du Commerce de la wilaya de Khenchela, pour l'aide matérielle, l'accueil et la disponibilité dont ils ont fait preuve tout au long de notre travail pratique.



## Dédicace

### **À mon cher père :**

Aucun mot ne saurait traduire l'amour, l'estime et le profond respect que je vous porte.  
Ce travail n'est que le fruit de vos efforts constants et de vos sacrifices pour m'offrir une  
éducation digne.

### **À ma chère mère :**

Toi qui m'as entourée de tendresse et d'attention,  
Toi qui as toujours été présente dans les moments difficiles comme dans les joies,  
Que Dieu te protège et te garde en bonne santé.

### **À notre professeur, Dr Badis Zakaria :**

Avec tout mon respect pour votre encadrement et vos précieux conseils.

### **À mon frère Anis :**

Merci pour ton soutien, ta présence et tes encouragements.

### **À ma chère famille, en particulier ma tante Samia et Nawel, ainsi que mes cousines et mes cousins :**

Merci pour votre affection et vos prières qui m'ont toujours donné la force d'avancer.

### **À mes amies proches : Chaima et Imen :**

Merci pour votre amitié sincère, votre écoute et votre soutien dans les bons comme les  
mauvais moments.

### **À mon binôme dans ce travail : Amal**

Merci pour ta collaboration, ton sérieux et ton engagement.

### **À toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur aide, leur soutien ou leurs encouragements tout au long de ce parcours universitaire,**

Je vous dédie humblement ce modeste travail.

*Chaima*

**À Mon père**

*À celui dont je porte le nom avec tout mon amour, à celui qui a arraché les épines de mon chemin pour me tracer la voie du savoir, à la lumière qui a illuminé mon chemin, mon premier maître et la prunelle de mes yeux.*

**À Ma mère**

*À la main cachée, au cœur tendre, à celle qui offre des prières sincères, à mon refuge et ma main droite, à celle avec qui j'ai vu le chemin de ma vie, à la lune qui a éclairé toutes les ténèbres de mon cœur et de mon âme.*

***Que Dieu vous garde comme rois sur le trône de mon cœur et vous préserve comme un refuge auquel j'appartiens.***

**À notre estimé professeur, Dr Badis Zakaria,**

*Avec toute ma reconnaissance et ma gratitude pour vos orientations sages et vos précieux conseils qui ont été une lumière dans notre parcours scientifique. Que Dieu vous récompense amplement.*

**À ma sœur unique, Ibtissam,**

*Elle est mon soutien, elle est ma vie. Puisses-tu toujours être la première, la deuxième, la dixième et la dernière. Tu es pour moi une beauté qui ne finit ni ne disparaît, mon espoir après Dieu et ma mère, tu es tout pour moi.*

**À mes frères, Abdelkrim et Kamal,**

*L'un est le soutien de mon âme, l'autre, dans les moments difficiles, détruit un pays pour moi. Ils valent un million d'étoiles qui brillent dans le ciel.*

**À mon mari,**

*Merci, mon plus grand choix. Tu es ma sécurité. Je ne souhaite rien d'autre que la continuité de la grâce de ta présence dans ma vie. Merci au destin qui nous a réunis.*

**À la mère de mon mari,**

*Elle est ma seconde mère, je l'aime, je la respecte, je l'estime, je la satisfais, car avant tout, elle est la mère de la personne la plus précieuse dans ma vie, et je suis devenue sa fille unique.*

**À ma partenaire dans ce projet : chaima**

***Merci pour ta coopération, ton soutien et ton engagement.***

***Merci à mes compagnons de route et à mes proches, ainsi qu'à tous ceux qui m'ont offert aide, soutien et encouragement, que ce soit directement ou indirectement, tout au long de mon parcours académique.***

***Je dédie ce travail modeste en témoignage de ma reconnaissance et de ma gratitude.***

**Amal**

## Résumé

Cette étude explore l'impact de différentes températures de conservation (4°C, 20°C, 37°C et 50°C) sur la qualité physico-chimique, microbiologique et nutritionnelle du lait cru et pasteurisé de brebis et de chèvre. Les paramètres analysés incluent l'acidité titrable, la densité, la concentration en glucose (par indice de réfraction) et la charge microbienne totale, dans une optique d'adéquation nutritionnelle pour les diabétiques de type 2.

Les résultats révèlent une dégradation rapide de la qualité du lait à 37°C et 50°C, marquée par une acidification, une baisse de densité, une prolifération bactérienne, et une variation de la teneur en glucose. À l'inverse, une conservation à 4°C assure une meilleure stabilité des caractéristiques du lait. L'étude recommande un refroidissement immédiat après la traite pour préserver les qualités du lait, notamment pour les personnes atteintes de diabète.

### **Mots clés :**

**Acidité, charge microbienne, diabète, glucose, température de conservation**

## **Abstract**

This study investigates the effect of various storage temperatures (4°C, 20°C, 37°C, and 50°C) on the physicochemical, microbiological, and nutritional quality of raw and pasteurized sheep and goat milk. Key parameters include titratable acidity, density, glucose concentration (via refractive index), and total microbial load, to assess the milk's suitability for type 2 diabetic individuals.

Results show that higher temperatures (especially 37°C and 50°C) accelerate milk degradation, with increased acidity, reduced density, bacterial growth, and glucose variations. Conversely, storage at 4°C ensures better stability. Immediate cooling after milking is recommended to maintain milk quality, particularly for vulnerable populations.

### **Key words.**

**Acidity, Microbial load, Diabetes, Glucose, Storage temperature**

## المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير درجات حرارة الحفظ (4°C ، 20°C ، 37°C ، 50°C) على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية والتغذية للحليب الخام والمبستر من الأغنام والماعز. شملت التحاليل قياس الحموضة، الكثافة، تركيز الغلوكوز (عن طريق معامل الانكسار)، والعدّ الجرثومي الكلي، بهدف تحديد مدى ملاءمة الحليب لمرضى السكري من النوع الثاني. أظهرت النتائج أن الحفظ في درجات حرارة مرتفعة خاصة (37°C و50°C) يؤدي إلى تدهور سريع في جودة الحليب، من خلال زيادة الحموضة، وانخفاض الكثافة، وتكاثر البكتيريا، وتغير تركيز الغلوكوز. في المقابل، أظهرت درجة حرارة 4°C حفاظاً جيداً على استقرار خصائص الحليب. توصي الدراسة بالتبريد الفوري بعد الحلب للحفاظ على الجودة، خاصة لدى الفئات الحساسة صحياً.

### الكلمات المفتاحية:

الحموضة , الحمولة الميكروبية , السكري , الغلوكوز , درجة حرارة الحفظ

# Table des Matières

**Résumé**

**Abstract**

الملخص

**Table des matières**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction..... 12**

**Chapitre I : Synthèse bibliographique**

**1. 1. Définition du lait .....16**

**1. 2. Composition chimique du lait..... 16**

**1.3. Propriétés microbiologiques du lait..... 16**

**1.4. Concentration en glucose et transformations biochimiques.....17**

**1.5. Lait, glucose et diabète : implications nutritionnelles.....17**

**1.6. Production laitière mondiale ..... 17**

**1.7. Facteurs influençant la production laitière.....17**

1.7.1 La race ..... 17

1.7.2 L'alimentation..... 18

1.7.3 Le stade de lactation..... 18

1.7.4 L'état de santé..... 18

1.7.5 La conduite d'élevage ..... 18

**Chapitre II : Matériel et Méthodes**

**1 L'objectif de l'étude.....20**

<b>2 Matériel.....</b>	<b>20</b>
2.1 Échantillons du lait.....	20
2.1.1 Méthode de collecte des échantillons.....	21
2.2 Matériel utilisés pour les analyses physico-chimiques.....	21
2.3 Matériel utilisés pour les analyses microbiennes.....	22
<b>3 Méthodes d'analyse.....</b>	<b>22</b>
3.1 D'analyse physico-chimique.....	22
3.1.1 Acidité (Degré Dornic).....	22
3.1.1.1 Le principe.....	23
3.1.1.1.1 Détermination de l'acidité Dornic.....	23
3.1.2 La densité.....	24
3.1.2.1 Le principe.....	24
3.1.2.1.1 Méthode pratique.....	25
3.1.2.1.1.1 Protocole expérimental.....	25
3.1.2.1.1.1.1 Calcul des résultats.....	25
3.1.3 L'indice de réfraction.....	25
3.1.3.1 Principe.....	25
3.1.3.1.1 Mesure de l'indice de réfraction de dilutions de glucose.....	26
3.1.3.1.1.1 Préparation des solutions.....	26
3.1.3.1.1.1.1 Mesure de l'indice de réfraction d'un échantillon de lait.....	27
3.1.3.1.1.1.1.1 Procédure expérimentale.....	27
3.1.3.1.1.1.2 Relation indice de réfraction – concentration en glucose.....	28
3.2 Les analyses microbiologiques.....	28
3.2.1 Préparation du milieu de culture PCA (Plate Count Agar).....	29
3.2.2 Méthode pratique des analyses microbiologiques.....	30
3.3 Analyse statistique.....	33
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b>	
<b>1 L'acidité.....</b>	<b>35</b>
1.1 Résultats.....	35

1.2	Discussion.....	36
<b>2</b>	<b>Les densités .....</b>	<b>36</b>
2.1	Les résultats .....	36
2.2	Discussion.....	37
<b>3</b>	<b>L'indice de réfraction et la concentration en glucose .....</b>	<b>38</b>
3.1	Résultats .....	39
3.2	Discussion.....	40
<b>4</b>	<b>Dénombrement des bactéries totale .....</b>	<b>41</b>
4.1	Résultats .....	42
4.2	Discussion.....	43
	<b>Conclusion .....</b>	<b>44</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>46</b>
	<b>Liste des annexes</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : brebis et chèvres.....	<b>21</b>
<b>Figure 2</b> : Incubation du lait à différentes températures dans le réfrigérateur et les étuves ...	<b>21</b>
<b>Figure 3</b> : Détermination de l'acidité titrable du lait .....	<b>23</b>
<b>Figure 4</b> : Mesure de densité par pycnomètre.....	<b>25</b>
<b>Figure 5</b> : Un réfractomètre .....	<b>26</b>
<b>Figure 6</b> : Mesure de l'indice de réfraction de laits à différentes températures.....	<b>28</b>
<b>Figure 7</b> : Préparation du milieu PCA.....	<b>30</b>
<b>Figure 8</b> : Les étapes de Préparation des dilutions.....	<b>31</b>
<b>Figure 9</b> : Ensemencement de la flore totale aérobie mésophile.....	<b>32</b>
<b>Figure 10</b> : : Incubation des boites de pétri Incubation.....	<b>32</b>
<b>Figure 11</b> : Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	<b>33</b>
<b>Figure 12</b> : Courbe d'étalonnage de l'acidité de différents laits à différentes températures....	<b>36</b>
<b>Figure 13</b> : Courbe d'étalonnage de la densité de différents laits à différentes températures .	<b>38</b>
<b>Figure 14</b> : Courbe d'étalonnage du glucose dans différents laits selon la température .....	<b>40</b>
<b>Figure 15</b> : Variation charges microbiennes totales en fonction temps et température.....	<b>41</b>

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Préparation des dilutions en série à partir de la solution mère de glucose..... **26**

**Tableau 2** : comparaison des densités du lait selon la température de conservation ..... **38**

## Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

IG : Index glycémique

II : Index insulinique

NCBI : National Center for Biotechnology Information

ml : Millilitre

NaOH : Hydroxyde de sodium

PH : Potentiel Hydrogène

PCA : Plate Count Agar

UHT : Ultra Haute Température

MV : Masse volumique

g/cm<sup>3</sup> : Gramme par centimètre cube

Kg/m<sup>3</sup> : Kilogramme par mètre cube

nD : Indice de réfraction

ANOVA : Analysis of Variance (Analyse de la variance)

HSD : Honestly Significant Difference (Différence honnêtement significative)

F : F-value (valeur du test F dans l'ANOVA)

P : p-value (valeur de probabilité utilisée pour tester la signification statistique)

(C) : concentration calculée

# ***Introduction***

### ***Introduction***

Le contrôle de la qualité est un élément fondamental, en particulier pour les produits alimentaires largement consommés comme le lait. Cet aliment complet contient l'ensemble de nutriments essentiels à l'alimentation et joue un rôle crucial dans la croissance des nourrissons au cours des premiers mois de leur vie. Il est également précieux pour les adultes et les personnes âgées en raison de sa digestibilité et de sa richesse nutritionnelle. Toutefois, le non-respect des normes d'hygiène peut altérer ses propriétés organoleptiques et microbiologiques, entraînant des contaminations par des micro-organismes susceptibles de provoquer des intoxications ou des toxi-infections alimentaires. **(Larpent, 2021)**

Le lait est une sécrétion produite par les glandes mammaires des mammifères, dont la fonction première est d'alimenter les nouveau-nés. Cependant, il peut être transformé en divers produits laitiers après avoir subi des procédés de fabrication spécifiques. La compréhension approfondie de sa composition chimique et de ses propriétés physiques est indispensable pour maîtriser les transformations qu'il subit au cours de ces processus **(Croguennec et al., 2008)**

Les produits laitiers fermentés présentent une particularité métabolique : bien que leur index glycémique (IG) soit relativement bas (15 à 30), leur index insulémique (II) est élevé (90 à 98), similaire à celui du pain blanc. Autrement dit, ils stimulent fortement la sécrétion d'insuline, ce qui peut paraître contradictoire pour des aliments à faible IG. Cette stimulation pourrait être bénéfique pour les diabétiques de type 2 en favorisant la production d'insuline, bien qu'aucune preuve ne démontre qu'elle accélère l'épuisement des cellules bêta du pancréas. Contrairement à d'autres acides organiques qui réduisent généralement l'IG des aliments, l'acide lactique des produits laitiers fermentés ne semble pas avoir cet effet. Certaines études suggèrent que leur consommation au petit-déjeuner pourrait diminuer la glycémie postprandiale et l'insulinémie, mais leur impact à long terme sur la résistance à l'insuline demeure incertain **(Awwad et al., 2022)**

L'acidité du lait provient de plusieurs composants naturels, notamment la caséine, les groupes phosphate, le dioxyde de carbone et divers acides organiques. Elle est également influencée par l'acide lactique, produit au cours de la fermentation. L'acidité titrable est généralement exprimée en grammes d'acide lactique par litre ou en degrés Dornic (°D), où un degré Dornic correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait. Idéalement, l'acidité du lait doit se situer entre 14 et 18 °D, tandis que le lait frais présente une acidité proche de 18 °D **(Belamri & Zidoune, 2017)**

Le lait, bien qu'étant un aliment riche en glucides, protéines, lipides, vitamines et minéraux, peut représenter un danger pour le consommateur s'il contient des agents pathogènes ou des résidus de substances microbiennes. La qualité du lait est affectée par divers facteurs, notamment les fraudes alimentaires, les contaminations pouvant se produire lors de la traite ou après celle-ci, ainsi que les infections mammaires. Le contrôle de l'hygiène du lait pasteurisé est très essentiel, car beaucoup pensent, à tort, que ce lait est totalement exempt de micro-organismes et peut être consommé sans risque. Or, les contrôles officiels, qui se limitent souvent à identifier les falsifications visibles à l'œil nu, doivent être complétés par des analyses en laboratoire. Ainsi, l'évaluation de la qualité du lait repose sur des tests bactériologiques et physico-chimiques rigoureux. (**Ahmedsham, 2018**)

Conformément à la réglementation, le lait doit répondre à des normes strictes établies par des arrêtés interministériels (arrêté interministériel n° 25 du 25 juin 2020, arrêté interministériel n° 20 du 20 novembre 2017, arrêté interministériel n° 23 du 23 février 2017). Par définition, il s'agit exclusivement de la sécrétion mammaire obtenue par la traite d'une ou plusieurs femelles laitières, réalisée de manière naturelle, complète et continue, sans ajout ni retrait d'éléments, et non chauffée au-delà de 40 °C, sauf en cas de pasteurisation. Il doit provenir d'animaux bien nourris, en bonne santé et traités dans des conditions d'hygiène irréprochables, exemptes de colostrum. En général, le terme « lait » désigne le lait de vache, sauf mention spécifique (lait de chèvre, de brebis, etc.). Le lait destiné à la consommation humaine ou à la transformation doit provenir d'animaux sains et respecter les normes de sécurité sanitaire (**Maiworé, 2018**)

Le lait cru, bien qu'intéressant d'un point de vue nutritionnel, est un produit fragile nécessitant une conservation rigoureuse à une température inférieure à 10 °C. Non traité thermiquement, il conserve sa flore microbienne naturelle et doit être consommé rapidement après la traite. Lorsqu'il est sain, il contient généralement moins de 1000 micro-organismes par centimètre cube, principalement des streptocoques lactiques (*Lactococcus* NCBI taxonomique ID : **1358**), des lactobacilles et parfois des microcoques, tous commensaux du pis de l'animal (**Larpen, 2021**)

Sur le plan compositionnel, le lait est une source précieuse de protéines de haute valeur biologique, notamment riches en lysine, essentielle à la croissance. Ses lipides contiennent une proportion importante d'acides gras à chaîne courte par rapport aux autres sources alimentaires. Il renferme également du cholestérol et des vitamines liposolubles comme la vitamine A, ainsi que des quantités moindres de vitamines D et E (**Boichard et al., 2014**)

L'eau est le composant majoritaire du lait, représentant entre 81 et 87 % de son volume selon la race de l'animal. Elle est présente sous deux formes : libre et liée aux éléments de la matière sèche. Quant aux glucides, le lactose est le principal sucre du lait, représentant 97 à 99 % des glucides totaux. Ce disaccharide, composé de glucose et de galactose, est synthétisé dans les cellules lactogènes et contribue à la pression osmotique du lait en interaction avec des minéraux tels que le potassium, le sodium et le chlorure. **(El Hadj Laid, 2022)**

Les protéines du lait, qu'elles soient en suspension sous forme de micelles ou dissoutes dans le sérum, subissent des modifications selon les traitements appliqués. Par exemple, l'acidification du lait affecte principalement les caséines. Une légère diminution du pH peut déstabiliser leur structure micellaire, entraînant une agglomération et une augmentation du diamètre moyen des micelles. À un pH de 5,5, les charges négatives en surface sont neutralisées, provoquant l'agrégation des micelles. Lorsque le pH atteint 4,65, les caséines perdent complètement leur structure et se dissolvent, formant un gel **(Li & Zhao, 2019)**

De même, la chaleur modifie la structure des protéines du lait. Un chauffage à 60 °C entraîne des changements réversibles, alors qu'une température supérieure à 75 °C provoque la dénaturation des protéines du sérum, notamment les lactalbumines, lactoglobulines et immunoglobulines. À partir de 90 °C, la  $\beta$ -lactoglobuline se fixe aux caséines via des ponts disulfures, augmentant ainsi la viscosité du lait. Toutefois, un chauffage excessif peut altérer l'équilibre entre le calcium micellaire et soluble, entraînant une précipitation sous forme de phosphate tricalcique **(Guyomarc'h, 2006)**

Ainsi, le lait est un produit complexe dont la qualité dépend de nombreux facteurs, allant de sa composition chimique aux traitements qu'il subit. Une maîtrise approfondie de ses

Caractéristiques est essentielle pour garantir sa sécurité et préserver ses qualités nutritionnelles et technologiques **(Belamri & Zidoune, 2017)**

Sur la base de ces constats, et en raison de l'importance nutritionnelle du lait pour les personnes diabétiques, cette étude repose sur l'hypothèse suivante

La variation de la température de conservation entraîne des modifications dans les propriétés chimiques du lait, en particulier au niveau de la concentration en glucose assimilable, ce qui pourrait influencer son index glycémique et son adéquation pour les patients atteints de diabète de type 2.

À travers cette hypothèse, notre objectif est d'identifier les conditions de conservation optimales qui garantissent la sécurité nutritionnelle du lait et limitent son impact glycémique, afin de formuler des recommandations adaptées à cette catégorie de consommateurs.

### **1.1 Définition du lait**

Le lait est un fluide biologique complexe et physiquement stable. Il contient des structures supramoléculaires telles que les micelles de caséine et les globules gras, qui assurent le transport de composés bioactifs. En plus de son rôle nutritionnel fondamental, sa structure moléculaire influence fortement son impact sur l'organisme (**Léonil et al., 2013**)

### **1.2 Composition chimique du lait**

Le lait est composé en grande majorité d'eau (81 à 87 %). La matière sèche restante inclut les éléments suivants (**Carole & Vingola, 2002**) :

- ❖ Glucides : principalement le lactose, représentant 97 à 99 % des sucres. Ce disaccharide joue un rôle clé dans l'équilibre osmotique du lait.
- ❖ Protéines : à haute valeur biologique, elles se répartissent en :
  - ❖ Micelles de caséine (fraction colloïdale)
  - ❖ Protéines solubles du lactosérum
- ❖ Lipides : présents sous forme de globules gras.
- ❖ Vitamines : hydrosolubles et liposolubles.
- ❖ Sels minéraux : notamment le calcium et le phosphore.
- ❖ Nanovésicules : appelées lactosomes, sécrétées par les cellules épithéliales mammaires, jouant un rôle dans la communication cellulaire (**Planètescope, 2012**)

### **1.3 Propriétés microbiologiques du lait**

Le lait est un substrat favorable à la croissance de nombreux micro-organismes, qu'ils soient pathogènes ou altérants. Leur origine peut être animale, environnementale ou humaine. Le froid inhibe les bactéries pathogènes, mais favorise les bactéries psychotropes, dont les enzymes sont souvent thermostables (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*).

La pasteurisation détruit la majorité des bactéries pathogènes (*Listeria*, *Salmonella*, *Brucella*), mais élimine aussi les flores utiles à la fermentation. Il est donc nécessaire de réensemencer le lait pasteurisé avec des micro-organismes sélectionnés en fonction du produit final : lactobacilles, lactocoques, levures, moisissures, etc. (**Walstra et al., 2006**)

### **1.4 Concentration en glucose et transformations biochimiques**

Le lactose est le principal glucide du lait, composé de glucose et de galactose. Le glucose libre y est naturellement présent à des niveaux très faibles, mais sa concentration peut augmenter en cas d'hydrolyse du lactose, notamment sous l'effet de la chaleur, de l'acidité ou de l'action enzymatique ( $\beta$ -galactosidase). Cette libération est également favorisée par l'activité des bactéries lactiques **(Li & Zhao, 2019)**

### **1.5 Lait, glucose et diabète : implications nutritionnelles**

Bien que le lait présente un index glycémique (IG) modéré, son index insulémique (II) est élevé – parfois comparable à celui du pain blanc (Awwad et al., 2022). Cette réponse insulémique marquée pourrait influencer la gestion glycémique chez les personnes atteintes de diabète de type 2. Par ailleurs, une mauvaise conservation du lait pourrait augmenter la concentration en glucose, aggravant la charge glycémique. Comprendre ces variations est essentiel pour recommander un lait adapté à cette population vulnérable **(Schrezenmeir & Jagla, 2000)**

### **1.6 Production laitière mondiale**

- Caprins : la population caprine mondiale est estimée à 1 milliard, dont 200 millions sont traites. Les rendements varient de 100 à 1800 litres par lactation, selon le système d'élevage **(FAO, 2021)**
- Ovins : environ 150 millions de brebis sont présentes dans le monde, mais seules 22 millions sont laitières. Les races locales produisent en moyenne 40 à 150 litres, contre 300 à 800 litres pour les races améliorées **(FAOSTAT, 2020)**

### **1.7 Facteurs influençant la production laitière**

#### **1.7.1 La race**

Les races spécialisées (Saanen, Alpine, Lacaune, Manchega) affichent des rendements nettement supérieurs aux races locales telles que la Kabyle ou l'Ouled Djellal **(Haenlein, 2004, Benaissa et al., 2019)**

### **1.7.2 L'alimentation**

En Algérie, l'alimentation repose souvent sur des pâturages pauvres et des compléments rudimentaires, ce qui limite fortement la performance laitière (**Chehma et al., 2010**)

### **1.7.3 Le stade de lactation**

Le pic de production survient généralement entre la 3<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> semaine après la mise-bas.

L'absence de suivi technique ne permet pas d'adapter la ration alimentaire (**Papachristoforou & Roushias, 1984**)

### **1.7.4 L'état de santé**

Les affections mammaires (mammites) et les maladies métaboliques impactent directement la production laitière. En zones rurales, l'accès aux soins vétérinaires est limité (**Arsenos et al., 2005**)

### **1.7.5 La conduite d'élevage**

En Algérie, la traite est souvent manuelle et irrégulière, avec peu de structures modernes, ce qui impacte négativement les rendements (**MADR, 2021**)

Ce chapitre met en lumière la complexité du lait en tant que matrice nutritionnelle, et souligne l'importance des facteurs de conservation, notamment la température, dans la stabilité de ses caractéristiques chimiques et microbiologiques. Ces connaissances sont cruciales pour évaluer l'effet de la température sur la concentration en glucose et sur la pertinence du lait dans le régime des diabétiques. Le chapitre suivant viendra étudier ces aspects de manière expérimentale.

# **Chapitre II :**

## **Matériel Et Méthodes**

## **1 L'objectif de l'étude**

Notre travail expérimental ayant pour objet la contribution à l'étude de l'influence de différentes températures de conservation sur la qualité du lait, vise à analyser les variations de ses caractéristiques microbiologiques, chimiques et nutritionnelles. Il a également pour but d'évaluer l'impact de ces variations sur l'indice glycémique du lait, afin de proposer des recommandations appropriées pour son stockage optimal. (M'Hamdi, 2018)

## **2 Matériels**

### **2.1 Échantillons du lait**

Les échantillons de lait cru étudiés proviennent de brebis de race Ouled Djellal, très répandue dans les hauts plateaux algériens et appréciée pour sa rusticité et sa capacité d'adaptation, ainsi que de chèvres de race locale kabyle, bien adaptées aux régions montagneuses et à l'alimentation pastorale. Ces animaux sont élevés dans la région de Taouziant, relevant de la daïra de Kais, wilaya de Khenchela. Les troupeaux concernés sont soumis à une conduite traditionnelle améliorée, intégrant une alimentation majoritairement naturelle, parfois complétée par des apports biologiques locaux (luzerne, orge, foin de prairie).

Les laits analysés proviennent d'animaux en stade intermédiaire de lactation, période caractérisée par une composition relativement stable du lait. L'état sanitaire des animaux est jugé satisfaisant, grâce à des contrôles réguliers et un traitement préventif contre les infections mammaires.

Après la traite manuelle, le lait est immédiatement réfrigéré à 4°C afin de préserver ses qualités physico-chimiques et microbiologiques avant d'être acheminé vers les laboratoires d'analyse. Les analyses ont été réalisées dans le laboratoire de recherche pédagogique de Hamma (Khenchela) et au niveau du laboratoire de la direction du commerce de la même wilaya.

En parallèle, afin d'établir une comparaison avec les laits crus, des échantillons de lait pasteurisé conditionné en sachets plastiques, commercialisés localement, ont également été analysés. Ces échantillons ont été soumis aux mêmes conditions de traitement, de conservation et d'analyse que les laits issus des brebis et des chèvres.



**Figure 1 : brebis et chèvres (original)**

### **2.1.1 Méthode de collecte des échantillons**

Les échantillons de lait cru ont été collectés manuellement dans des conditions aseptiques. Les trayons ont été lavés à l'eau et au savon, puis désinfectés avec de l'alcool à 70 °C. Le lait a été recueilli dans des flacons stériles de 500 ml, correctement étiquetés, puis transportés dans une glacière à 4 °C vers le laboratoire. Par ailleurs, des échantillons de lait stérilisé (UHT) ainsi que du lait pasteurisé conditionné en sachets ont également été inclus pour des analyses comparatives. Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons ont été répartis en quatre groupes (6 flacons par groupe) selon les conditions de stockage suivantes :

Groupe 1 : stockage à 4 °C

Groupe 2 : stockage à 20 °C

Groupe 3 : stockage à 37 °C

Groupe 4 : stockage à  $50 \pm 2$  °C



**Figure 2 : Incubation du lait à différentes températures dans le réfrigérateur et les étuves (original)**

**2.2 Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques**

- Les analyses ont été réalisées à l'aide du Matériels suivant :
- 24 flacons stériles
- Réfrigérateur réglé à 4°C
- Étuves/incubateurs réglés à 20°C, 37°C et 50°C
- PH-mètre
- Burette graduée
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1 N
- Eau distillée
- Agitateur magnétique
- Pipette de 10 ml et 1ml
- Colorants et réactifs spécifiques, notamment la phénolphtaléine
- Bécher de 50 ml
- Réfractomètre numérique
- Glucose pur
- Micropipettes
- Tubes à essai ou petits béchers
- Alcool médical et lingettes nettoyantes
- Coupe de promesses de mouvement
- Pipette
- Thermomètre

**2.3 Matériels utilisés pour les analyses microbiennes**

- 24 flacons stériles
- Réfrigérateur réglé à 4 °C
- Étuves/incubateurs réglés à : 20 °C ,37 °C ,50 °C
- Boîtes de Pétri
- Gélose PCA (ou tout autre milieu de culture général)
- Pipettes stériles
- Solution saline physiologique stérile (0,9 % de chlorure de sodium)

- Bec bunsen

### 3 Méthodes d'analyse

#### 3.1 D'analyse physico-chimique

##### 3.1.1 Acidité (Degré Dornic)

###### 3.1.1.1 Le principe

L'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude Doronic (N/9). Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Doronic (N/9) est rajoutée (à la burette) jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes. (Vázquez-Román, 2013)

La réaction chimique de neutralisation mise en jeu est la suivante :

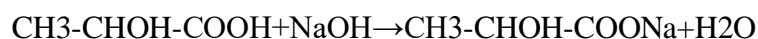


Figure 3 : Détermination de l'acidité titrable du lait (original)

###### 3.1.1.1.1 Détermination de l'acidité Dornic

###### 1. Réactifs utilisés :

- 10 ml de chaque type de lait étudié

- 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à 1 %
- Solution de soude (NaOH, N/9)

**2. Protocole expérimental :**

1. Prélever précisément 10 ml de l'échantillon de lait à analyser à l'aide d'une pipette.
2. Verser l'échantillon dans un bécher propre, puis ajouter 30 à 40 ml d'eau distillée.
3. Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à 1 %.
4. Titrer la solution avec la solution du NaOH N/9 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante.
5. Noter le volume de NaOH utilisé (V en ml).

**3. Calcul de l'acidité titrable :**

L'acidité titrable est exprimée en **degrés Dornic (°D)**, selon la formule :

$$\text{Acidité (°D)} = 10 \times V$$

Où V correspond au volume (en ml) de **NaOH N/9** utilisé lors du titrage.

Remarque : **1 °D** correspond à **0,1 ml de NaOH N/9**, ce qui signifie que **10 ml de NaOH N/9 = 100 °D**.

**3.1.2 La densité****3.1.2.1 Le principe**

La densité d'un liquide correspond au rapport entre la masse d'un volume donné de ce liquide et celle d'un volume équivalent d'eau distillée à une température de référence, généralement fixée à 20 °C

Dans ce travail, la détermination de la densité du lait a été réalisée à l'aide d'un pycnomètre, une méthode précise et adaptée aux mesures en laboratoire. (**Hurtaud et al., 2001**)

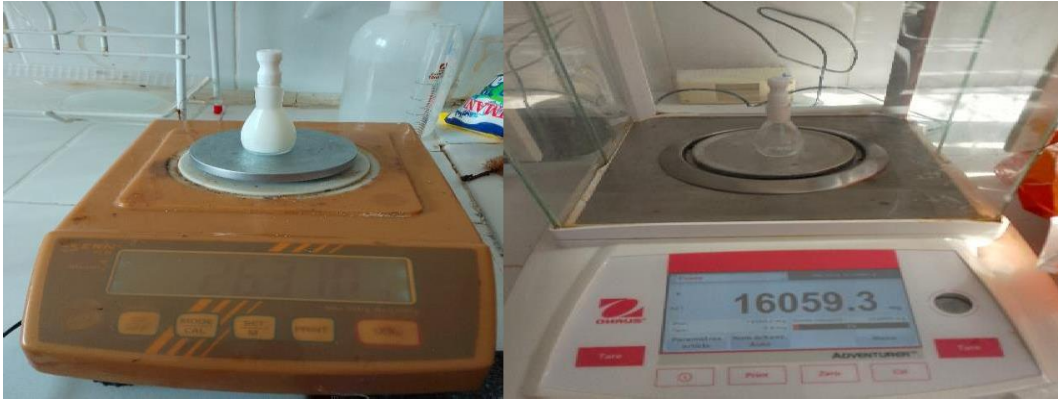


Figure 4 : Mesure de densité par pycnomètre (original)

### 3.1.2.1.1 Méthode pratique

#### 3.1.2.1.1.1 Protocole expérimental

1. Peser le pycnomètre propre et sec **avant** tout remplissage → **masse  $M_1$** .
2. Remplir soigneusement le pycnomètre avec du lait maintenu à différentes températures (4°C, 20°C, 37°C et 50°C), **sans formation de bulles d'air**.
3. Peser à nouveau le pycnomètre rempli → **masse  $M_2$** .

#### 3.1.2.1.1.1.1 Calcul des résultats :

La masse volumique (**MV**) du lait est déterminée selon la formule :

$$MV = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

Avec :

- **MV** : masse volumique du lait (en g/cm<sup>3</sup> ou kg/m<sup>3</sup>)
- **$M_1$**  : masse du pycnomètre vide
- **$M_2$**  : masse du pycnomètre rempli de lait
- **V** : volume du pycnomètre (en cm<sup>3</sup> ou m<sup>3</sup>)

### 3.1.3 L'indice de réfraction

#### 3.1.3.1 Principe

L'indice de réfraction est un nombre sans unité qui caractérise la capacité d'un matériau transparent à ralentir et à dévier la lumière. Il correspond au rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et celle dans le matériau. Plus la lumière est ralentie, plus l'indice est élevé. Ce

phénomène explique, entre autres, la déviation des rayons lumineux dans les lentilles optiques (Koohyar, 2013)



Figure 5 : Un réfractomètre (original)

### 3.1.3.1.1 Mesure de l'indice de réfraction de dilutions de glucose

#### 3.1.3.1.1.1 Préparation des solutions

- A. **Solution mère (concentrée)** : Dissoudre 1 g de glucose dans 10 ml d'eau distillée, ce qui donne une concentration de **10 % (p/v)**.
- B. **Divisez-en 5 échantillons** : Diviser la solution mère en cinq échantillons successifs afin de réaliser des dilutions en série. La procédure est décrite dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Préparation des dilutions en série à partir de la solution mère de glucose

Échantillon	Préparation	Type de dilution
Échantillon 01	2 ml de solution mère (non diluée)	Solution concentrée
Échantillon 02	2 ml d'échantillon 1 + 2 ml d'eau distillée	Dilution 1 : 4 Dilution 1 : 4
Échantillon 03	2 ml d'échantillon 2 + 2 ml d'eau distillée	Dilution 1 : 4
Échantillon 04	2 ml d'échantillon 3 + 2 ml d'eau distillée	Dilution 1 : 8
Échantillon 05	2 ml d'échantillon 4 + 2 ml d'eau distillée	Dilution 1 : 16

**C. Étapes de mesure :****a. Calibrer l'appareil :**

Allumez l'appareil.

Déposez une goutte d'eau distillée sur la surface de mesure.

Appuyez sur le bouton « Zéro » pour calibrer l'appareil à  $n = 1,3330$ .

Essuyez soigneusement la surface après l'étalonnage.

**b. Mesure :**

Placez 2 à 3 gouttes de chaque échantillon sur la surface en verre de l'instrument.

Attendez que la lecture se stabilise.

Enregistrez l'indice de réfraction (nD).

Nettoyez l'appareil avant chaque nouvel échantillon.

**3.1.3.1.1.1 Mesure de l'indice de réfraction d'un échantillon de lait****3.1.3.1.1.1.1 Procédure expérimentale****1. Mise en marche de l'appareil :**

Allumez le réfractomètre numérique et attendez qu'il soit prêt à effectuer les mesures.

**2. Étalonnage de l'appareil (Zéro) :**

Déposez une goutte d'eau distillée sur la surface en verre de l'appareil.

Appuyez sur le bouton « Zéro » ou « Cal » pour étalonner l'appareil à  $n = 1,3330$  (valeur de l'eau distillée à 20°C).

Essuyez soigneusement l'eau avec un mouchoir doux.

**3. Préparation de l'échantillon :**

Agitez bien le lait pour homogénéiser la distribution de la matière grasse.

Si l'échantillon est réfrigéré, laissez-le revenir à température ambiante (20°C) avant la mesure.

**4. Mesure de l'échantillon :**

Déposez deux à trois gouttes de lait sur la surface de mesure à l'aide d'une pipette propre.

Attendez quelques secondes jusqu'à la stabilisation de la lecture.

Lisez la valeur affichée à l'écran et notez l'indice de réfraction (nD).

**5. Nettoyage de l'appareil :**

Essuyez soigneusement la surface de mesure avec de l'alcool et un mouchoir doux après

chaque mesure.

Assurez-vous qu'aucun résidu de lait ne subsiste, car cela pourrait affecter les mesures suivantes.

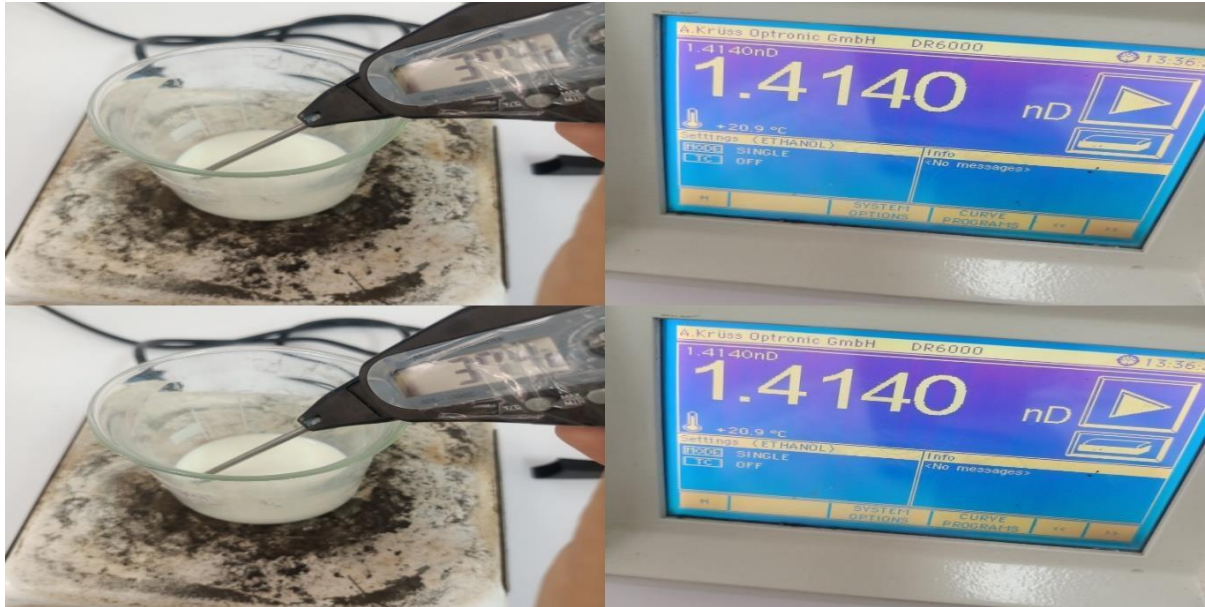


Figure 6 : Mesure de l'indice de réfraction de laits à différentes températures (original)

### 3.1.3.1.1.2 Relation indice de réfraction – concentration en glucose

L'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air est de **1,333 à 20 °C**. Lorsqu'un sucre simple (*ose*) ou complexe (*oside*) est dissous dans l'eau, l'indice de réfraction de la solution augmente proportionnellement à la concentration du soluté. Ainsi, plus la quantité de sucre dissous est importante, plus l'indice de réfraction de la solution est élevé.

D'un point de vue physique, pour des solutions peu concentrées contenant un seul soluté, on peut considérer que l'indice de réfraction varie de manière linéaire avec la concentration du soluté (**Lalu Didik et al., 2021**) selon la relation suivante :

$$\eta = \eta_0 + k C$$

Où :

- $\eta_0$  est l'indice de réfraction du solvant pur (par exemple l'eau), et
- $K$  est une constante dépendant de la température et de la nature du soluté.

### 3.2 Les analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique du lait cru, du lait pasteurisé et du lait en sachet consiste à rechercher et/ou dénombrer certains micro-organismes susceptibles d'être présents dans ces produits. (N'Guessan et al., 2015)

Les analyses portent notamment sur les micro-organismes suivants :

- Germes aérobies mésophiles
- Coliformes totaux et fécaux
- Staphylocoques à coagulase positive
- Salmonelles
- *Listeria monocytogenes*
- Autres pathogènes d'intérêt sanitaire

#### 3.2.1 Préparation du milieu de culture PCA (Plate Count Agar)

Nous avons utilisé un PCA prêt à l'emploi, conformément aux indications figurant sur l'étiquette (généralement 23,5 g/L).

1. Mesure du volume d'eau distillée requis (500 ml ou 1 L selon les besoins).
2. Versement de ce volume dans un erlenmeyer, puis ajout complet de la poudre de gélose.
3. Chauffage du mélange avec agitation, jusqu'à dissolution complète sans ébullition excessive.
4. Vérification du **pH**, qui devait être aux alentours de **7,0**.
5. Stérilisation de la solution à l'autoclave à **121 °C pendant 15 minutes**.
6. Refroidissement du milieu à environ **45–50 °C** après stérilisation.
7. Versement de la gélose dans des boîtes de Pétri stériles, en respectant strictement les conditions d'asepsie. (Jarzuel et al., 2024)



Figure 7 : Préparation du milieu PCA (original)

### 3.2.2 Méthode pratique des analyses microbiologiques

#### 1. Prélèvement initial

Prélever des échantillons de lait cru et pasteurisé

#### 2. Conservation des échantillons

- Diviser le lait en plusieurs lots.
- Conserver chaque lot à une température différente : 4 °C, 25 °C, 37 °C, 50 °C.

#### 3. Suivi temporel

Des prélèvements d'échantillons sont réalisés à différents moments (12 h, 24 h, 48 h et 72 h) sur chaque lot de lait conservé à diverses températures, afin d'observer l'évolution de la flore bactérienne au cours du temps.

#### 4. Préparation des dilutions

À partir des échantillons de lait cru et pasteurisé homogénéisés, prélevés après conservation à différentes températures, une série de dilutions décimales a été réalisée dans de l'eau physiologique stérile (0,9 % NaCl), allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-6}$ . Pour chaque dilution :

- 1 ml de la solution mère est transféré dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ .

- Ensuite, 1 ml de cette dilution est transféré dans un autre tube contenant 9 ml de solution saline pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ , et ainsi de suite jusqu'à la dilution  $10^{-6}$ .



Figure 8 : Les étapes de préparation des dilutions (original)

## 5. Ensemencement :

Les dilutions sont ensemencées en double sur gélose PCA, soit en surface, soit en profondeur.

### 5.1. Principe de Ensemencement :

La méthode utilisée est la numération en milieu solide dans des boîtes de Pétri, avec ensemencement en masse sur gélose PCA (Plate Count Agar), selon la méthode décrite par Guiraud (1998)

### 5.2. Mode opératoire :

- 1 ml de chaque dilution est transféré dans une boîte de Pétri stérile.
- On y ajoute la gélose PCA fondue et refroidie (environ 45 °C).
- Le mélange est homogénéisé par des mouvements circulaires doux.
- Après solidification, les boîtes sont retournées et incubées à 30 °C pendant 72 heures.



**Figure 9** : Ensemencement de la flore totale aérobie mésophile (**original**)

#### 4. Incubation

Les boîtes sont incubées à 30 °C pendant 72 heures.



**Figure 10** : Incubation des boîtes de pétri (**original**)

#### 5. Dénombrement

Après incubation, les colonies bactériennes visibles sur les boîtes de Pétri sont comptées à l'aide d'un appareil spécialisé. Seules les plaques contenant entre 30 et 300 colonies sont considérées comme exploitables pour un dénombrement fiable. Les plaques avec un nombre de colonies en dehors de cette plage sont qualifiées d'indénombrables. Les résultats sont ensuite exprimés en unités formant colonie par millilitre (UFC/ml), permettant d'évaluer la concentration de la flore microbienne dans les échantillons. (**Baron et al., 2006**)



**Figure 1** : Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (**original**)

### 3.3 Analyse statistique

Pour examiner l'impact des différentes conditions expérimentales (telles que les températures de conservation, la durée de stockage et le type d'échantillon) sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du lait, une analyse de variance (ANOVA) a été mise en œuvre.

L'ANOVA est un outil d'analyse qui permet de comparer simultanément les moyennes de différents groupes. Il aide à déterminer si des facteurs spécifiques (comme la température et le temps, qui sont des facteurs fixes) ont un impact significatif sur des variables dépendantes telles que l'acidité,

La densité, la concentration en glucose ou la charge microbienne. (Rosner, 2006, pp. 557–581).

Dans cette recherche, nous avons utilisé des ANOVA univariées et à deux facteurs selon le contexte, suivies de tests postérieurs de Tukey HSD pour déterminer les différences marquantes entre les groupes ( $p < 0,05$ ). Ce genre d'analyse est particulièrement approprié pour les plans d'expérimentation à facteurs multiples et permet de souligner non

***Chapitre III :***

***Résultats Et***

***Discussion***

1 L'acidité

1.1 Résultats

Les résultats de l'analyse de l'acidité titrable des échantillons de lait cru ont révélé une évolution significative de l'acidité en fonction de la température de conservation et du temps. À 4°C, l'acidité reste relativement stable, avec une augmentation modérée après 72 heures (ex. brebis : 2.8 à 7.5°D). À 20°C et 37°C, l'acidité augmente fortement dès les premières 24h pour atteindre des pics importants à 48h ou 72h (ex. chèvre à 37°C : 10 → 18.6°D). À 50°C, des variations marquées sont observées, notamment une chute de l'acidité après 72h dans certains échantillons (ex. Obei : 5.5 → 4°D), indiquant une dégradation possible ou une inhibition bactérienne secondaire.

L'analyse statistique réalisée à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs (température et temps) montre un effet significatif de chacun de ces facteurs sur l'acidité (température :  $F(3,120) = 45.67$ ,  $p < 0.001$  ; temps :  $F(3,120) = 98.45$ ,  $p < 0.001$ ) ainsi qu'une interaction significative entre les deux ( $F(9,120) = 11.22$ ,  $p < 0.001$ ). Le test post-hoc de Tukey HSD a permis d'identifier des groupes homogènes avec des différences significatives entre les niveaux de température et de temps ( $p < 0.05$ ).

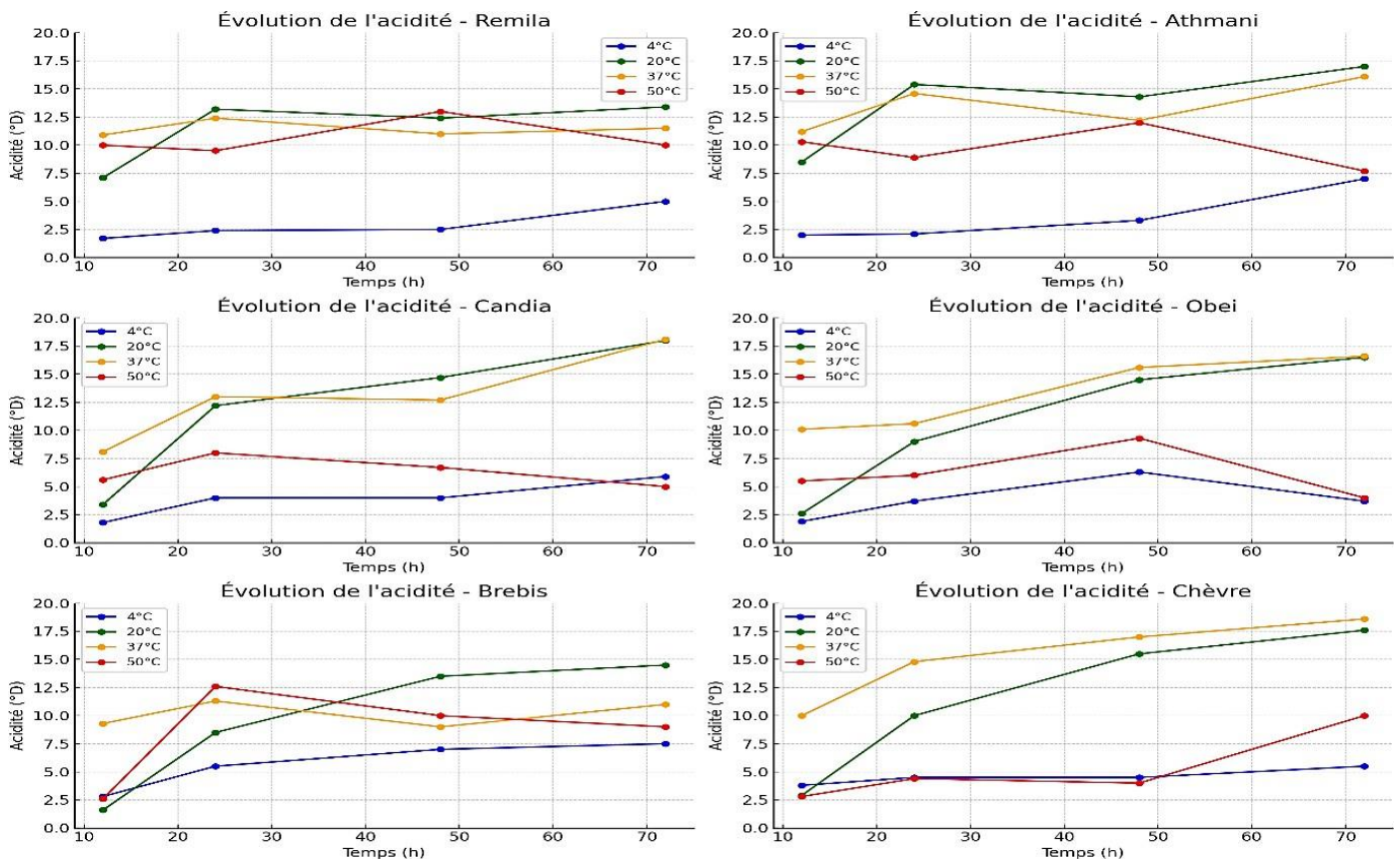


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de l'acidité en fonction de la température

## **1.2 Discussion**

Ces résultats confirment que la température de conservation influence fortement l'évolution de l'acidité du lait cru. À basse température (4°C), l'activité microbienne est limitée, ce qui réduit la production d'acide lactique. En revanche, à des températures plus élevées, la croissance des bactéries lactiques est favorisée, entraînant une acidification rapide. Cette dynamique est cohérente avec les travaux de **(Fox et al., 2015)**, qui soulignent que la croissance bactérienne dans le lait cru devient critique au-delà de 10°C.

L'augmentation rapide de l'acidité à 20°C et 37°C peut être attribuée à une forte charge microbienne initiale ou à une faible inhibition naturelle de certains échantillons comme Candia et chèvre. À 50°C, bien que l'acidité augmente initialement, une baisse est observée après 72h, ce qui pourrait s'expliquer par une inhibition thermique des bactéries ou par des processus de dégradation secondaire, tels que l'autolyse.

Les différences observées entre échantillons (Candia, brebis, chèvre, etc.) traduisent probablement des variations dans les conditions de traite, d'hygiène, ou la composition microbiologique initiale du lait. Ces disparités sont en accord avec les observations de **Sraïri et al. (2006)** au Maroc, où des différences régionales influençaient significativement la qualité microbiologique du lait cru.

## **2 Les densités**

### **2.1 Les résultats**

Une analyse de variance (ANOVA à un facteur) a été appliquée pour tester l'effet de la température sur la densité du lait. Les résultats révèlent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les moyennes de densité selon la température, pour la majorité des échantillons. L'échantillon lait de brebis montre des densités significativement plus élevées que les autres ( $p < 0,01$ ), ce qui indique une composition plus riche en matières sèches.

Tableau 2 : Analyse comparative de la densité du lait selon les différentes températures de conservation

Température	4°C	20°C	37°C	50°C
Lait de Remila	1,032	1,028	1,025	1,020
Lait de Athmani	1,033	1,029	1,024	1,024
Lait de Candia	1,031	1,027	1,022	1,018
Lait de Obéi	1,030	1,026	1,021	1,017
Lait de Brebis	1,036	1,034	1,030	1,027
Lait de Chèvre	1,030	1,029	1,022	1,018

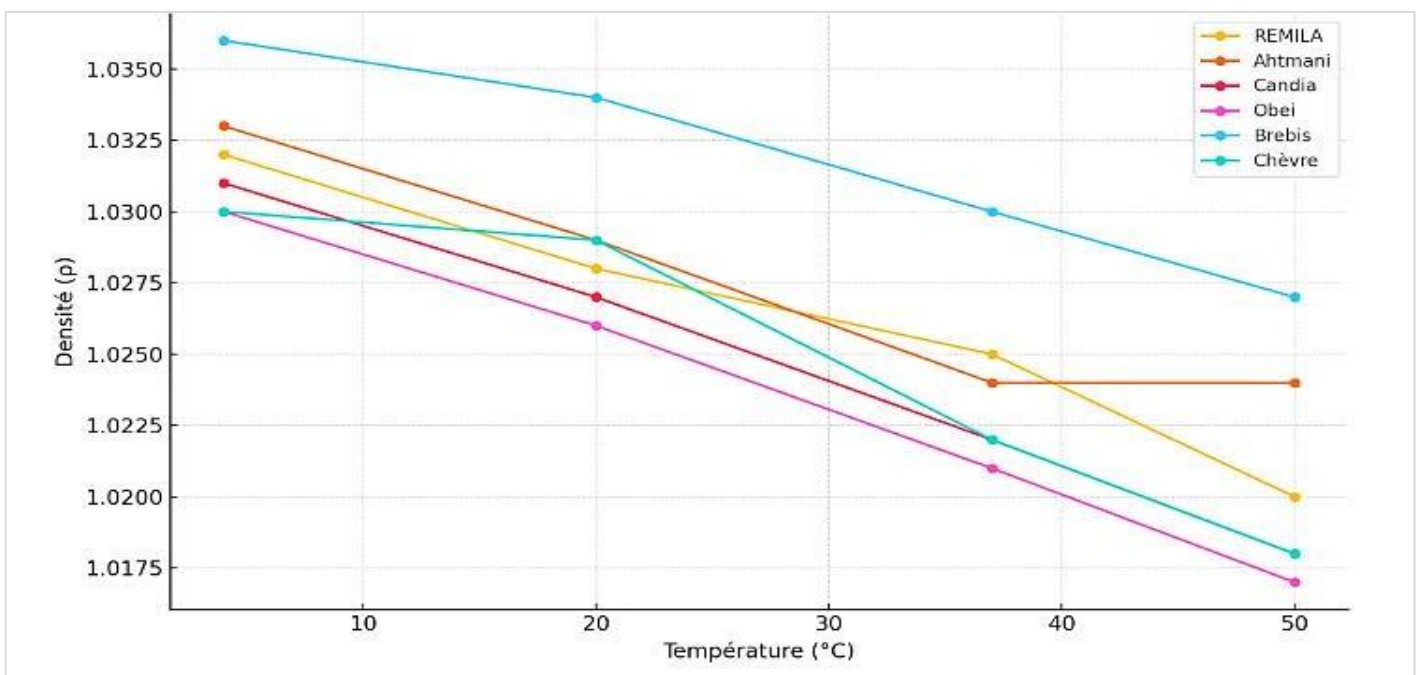


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de la densité de différents laits à différentes températures

## 2.2 Discussion

Les résultats obtenus confirment le comportement thermique classique du lait, où la densité diminue progressivement avec l'élévation de la température. Ce phénomène s'explique par l'augmentation de l'agitation moléculaire, entraînant une expansion du volume et donc une baisse de la masse volumique,

Les densités mesurées à 20°C (entre 1,026 et 1,034 g/cm<sup>3</sup>) sont en accord avec les normes rapportées pour le lait cru bovin, soit 1,028 – 1,034 g/cm<sup>3</sup> (Fox et al., 2015), Les échantillons Remila Athmani et Candia s'y conforment bien, ce qui témoigne de leur conformité à un lait bovin standardisé.

Par ailleurs, les échantillons issus du lait de brebis et de chèvre affichent des densités initialement plus élevées, en particulier brebis (1,036 g/cm<sup>3</sup> à 4°C), ce qui corrobore les travaux de Park et al. (2007), qui soulignent la richesse en extraits secs des laits de petits ruminants, notamment en protéines et lipides.

Les échantillons Obei et Candia présentent des densités plus faibles à 50°C (1,017 et 1,018 g/cm<sup>3</sup> respectivement), ce qui peut refléter soit une teneur plus importante en eau, soit un processus de standardisation industrielle visant à ajuster la composition du lait.

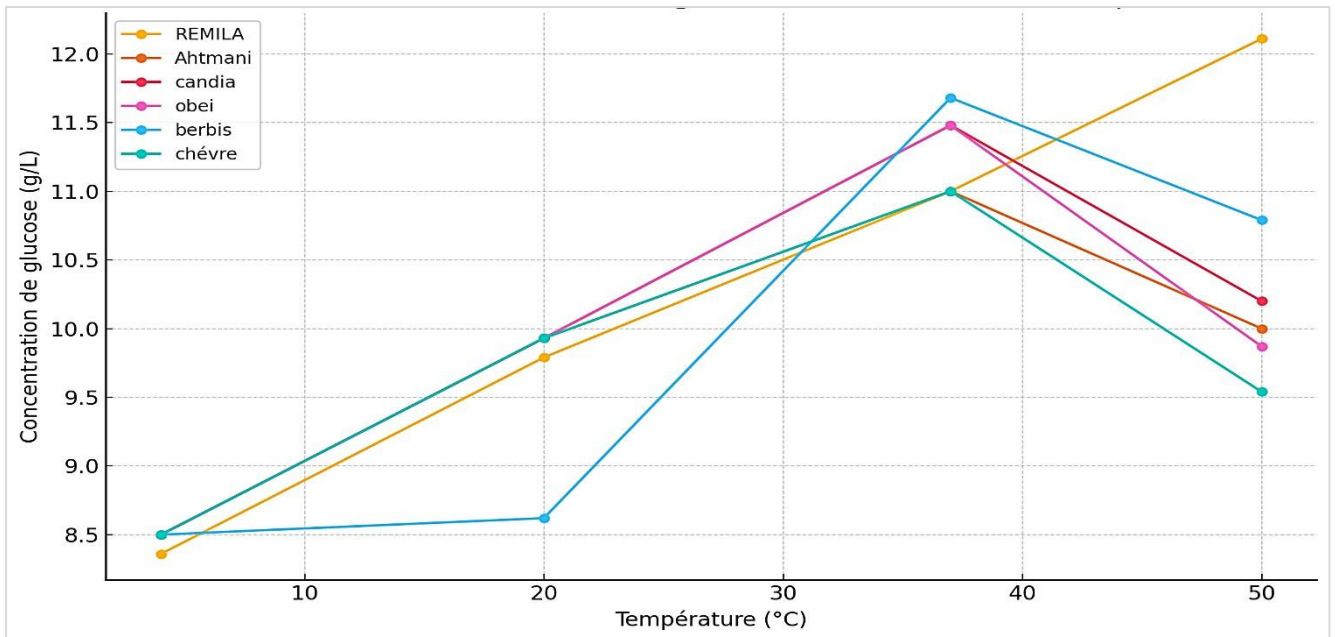
### **3 L'indice de réfraction et la concentration en glucose**

#### **3.1 Résultats**

L'analyse des concentrations de glucose mesurées à travers l'indice de réfraction (nD) à différentes températures (4 °C, 20 °C, 37 °C, 50 °C) montre une variation significative en fonction de la température et du type d'échantillon (Remila, Athmani, Candia, Obei, Brebis, Chèvre), à 4 °C, les valeurs de (C) variaient entre 8,36 et 8,50, alors qu'à 50 °C elles atteignaient des pics allant jusqu'à 12,11 pour l'échantillon REMILA, indiquant une concentration accrue en glucose.

Une analyse ANOVA à un facteur a été réalisée pour comparer les moyennes des concentrations calculées (C) entre les différentes températures, Les résultats ont révélé une différence hautement significative entre les groupes ( $p < 0,001$ ), confirmant l'effet de la température sur la solubilité ou la disponibilité du glucose.

De plus, les données cinétiques (12h, 24h, 48h, 72h) ont été analysées pour chaque température, Par exemple, à 37 °C, les échantillons Candia et Chèvre présentaient une concentration en glucose nettement plus élevée à 72h (18,1 et 18,6 respectivement), comparées à Brebis et Remila (11 et 11,5 respectivement)



**Figure 14 :** Courbe d'étalonnage du glucose dans différents laits selon la température

### 3.2 Discussion

Les résultats montrent clairement une corrélation positive entre la température et la concentration apparente de glucose, en accord avec les résultats de **Xie et al. (2018)**, qui ont observé une augmentation de la réfraction proportionnelle à la teneur en sucres simples sous l'effet thermique, L'effet de la température pourrait s'expliquer par une amélioration de la solubilité du glucose ou par des modifications structurales du lait entraînant une libération accrue de sucres.

Les différences entre les échantillons pourraient être attribuées à la nature biochimique propre à chaque type de lait, notamment la teneur en lactose initiale, les enzymes actives et la stabilité thermique des protéines, comme l'ont rapporté **Guetouache et al. (2014)** dans leur étude sur la composition biochimique du lait de différentes races.

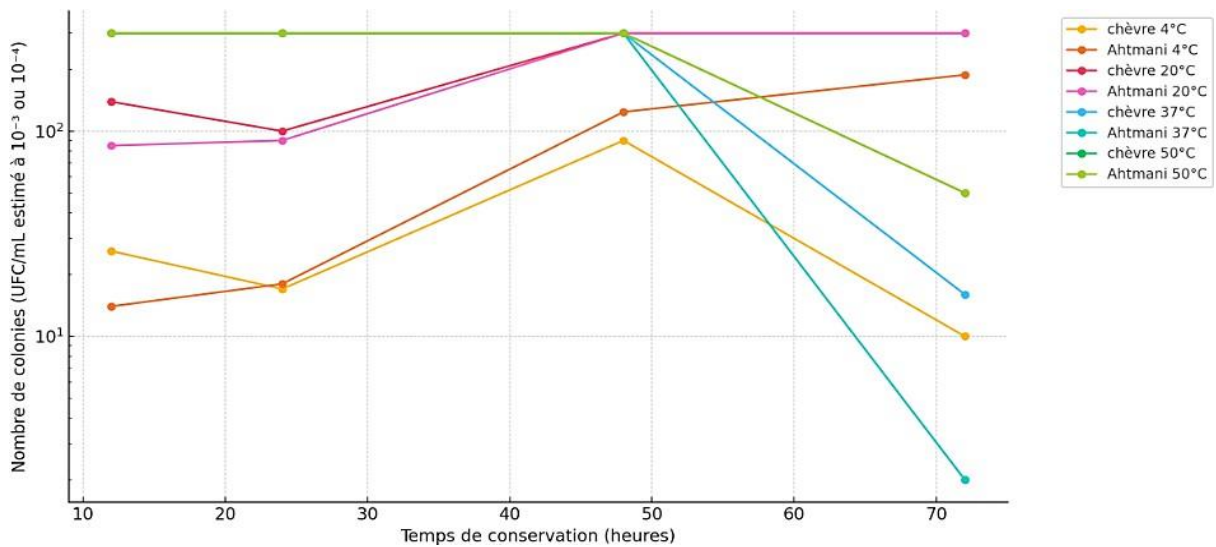
L'analyse cinétique suggère également que certains laits (comme Candia et Chèvre) conservent une stabilité glucidique supérieure à haute température et sur une durée prolongée, ce qui pourrait les rendre plus appropriés pour des applications industrielles thermorésistantes.

## 4 Dénombrement des bactéries totale

### 4.1 Résultats

Les dénombrements bactériens sur milieu PCA montrent une variation significative en fonction de la température et de l'échantillon analysé, Pour comparer statistiquement les effectifs bactériens entre les conditions, un test ANOVA à deux facteurs (température et échantillon) a été réalisé, suivi d'un test post hoc de Tukey.

L'analyse a révélé une différence statistiquement significative entre les températures ( $F(3, 32) = 45,67, p < 0,001$ ) et entre les échantillons ( $F(1, 32) = 12,34, p = 0,0012$ ), De plus, une interaction significative entre la température et l'échantillon a été observée ( $F(3, 32) = 6,89, p = 0,0008$ ), indiquant que l'effet de la température diffère selon l'échantillon.



**Figure 4:** Variation charges microbiennes totales en fonction temps et température

## 4.2 Discussion

Les résultats indiquent que la température influence fortement la croissance bactérienne, À 4°C et 20°C, la croissance est maximale dans les deux échantillons, sans différence significative entre eux ( $p > 0,05$ ), Cependant, à 37°C et 50°C, la croissance bactérienne diminue fortement, particulièrement dans l'échantillon Chèvre, qui montre une réduction significative par rapport à l'échantillon Athmani ( $p < 0,01$ ).

Cette différence pourrait s'expliquer par la présence d'espèces bactériennes thermo tolérantes dans l'échantillon Athmani, confirmée par la survie élevée même à 50°C, Cette capacité adaptative est ESSENTIELLE pour la compréhension de la microbiologie environnementale, car elle influence la dynamique microbienne dans des conditions variées (**Madigan et al., 2018**),

L'interaction significative observée entre température et échantillon souligne que la réponse bactérienne aux variations thermiques dépend de la composition microbienne initiale, Ces résultats appellent à des investigations complémentaires sur l'identification des souches présentes et leur profil thermique (**Smith et al., 2020**),

***Conclusion***

### Conclusion

Cette étude expérimentale a démontré de manière rigoureuse l'influence significative de la température de conservation sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait cru. Les résultats montrent qu'à une température de 50 °C, l'indice de réfraction du lait a atteint des valeurs allant jusqu'à 12,1, indiquant une concentration accrue en glucose, tandis que la densité a diminué (ex, brebis : de 1,036 à 1,027). En revanche, à 4 °C, les paramètres sont restés relativement stables, avec une acidité maximale de 7,5 °D après 72 heures, ce qui témoigne d'une meilleure stabilité microbiologique et chimique,

Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle une température de conservation élevée altère la qualité du lait et augmente potentiellement son index glycémique, rendant certains types de lait moins adaptés aux personnes atteintes de diabète de type 2. Ainsi, il est recommandé pour cette population, mais aussi pour les consommateurs en général, de privilégier le lait pasteurisé conservé à 4 °C, notamment les produits industriels tels que Candia ou Athmani,

En plus des implications sanitaires et nutritionnelles, ces résultats présentent une valeur économique importante pour l'industrie laitière, en contribuant à l'optimisation des processus de conservation, à la réduction des pertes liées à la dégradation du lait, et à l'amélioration de la qualité des produits finis destinés à des publics spécifiques.

Il serait ainsi recommandé aux acteurs du secteur laitier d'adopter des protocoles de stockage rigoureux adaptés à chaque type de lait, d'investir dans des systèmes de surveillance de la température tout au long de la chaîne logistique, et de former le personnel à de bonnes pratiques de manipulation. De plus, des recherches complémentaires devraient être menées afin d'évaluer l'impact de nouvelles technologies de conservation sur la qualité et la sécurité du lait à long terme.

Toutefois, cette étude comporte certaines limites méthodologiques, notamment l'absence d'analyses glycémiques *in vivo* et la durée limitée de conservation testée. De futures recherches intégrant des tests cliniques et une identification précise des flores bactériennes selon les températures pourraient affiner les recommandations actuelles,

En conclusion, ce travail enrichit les connaissances scientifiques sur la dynamique physico-chimique et microbiologique du lait en fonction de la température, tout en ouvrant la voie à des applications pratiques dans les domaines de la santé publique, de la technologie alimentaire et

de l'économie agroalimentaire.

***Références***

***Bibliographiques***



### A

**Adam, A.C., Rubio-Teixeira, M., & Polaina, J. (2004).** Lactose: The Milk Sugar from a Biotechnological Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 553 - 557.

**Ahmedsham, M., Amza, N., & Tamiru, M. (2018).** Review on milk and milk product safety, quality assurance and control. *International Journal of Livestock Production*, 9(5), 123–131.

**Arsenos, G., Fortomaris, P., Papadopoulos, E., Sotiraki, S., Zygoiannis, D. (2005).** Health and welfare of dairy sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 60(1–2), 93–106.

**Awwad, S. F., Abdalla, A., Howarth, F., Stojanovska, L., Kamal-Eldin, A., & Ayyash, M. M. (2022).** Invited review: Potential effects of short- and long-term intake of fermented dairy products on prevention and control of type 2 diabetes mellitus. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 3703–3721.



### B

**Baron, F., Cochet, M., Ablain, W., Grosset, N., Madec, M. N., Gonnet, F., Jan, S., & Gautier, M. (2006).** Rapid and cost-effective method for microorganism enumeration based on miniaturization of the conventional plate-counting technique. *Lait*, 86, 251–257.

**Becherif, A. T. (2005).** Étude de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait de chamelle lors de sa conservation par réfrigération à +4 °C [Mémoire de D.E.S., Université de Batna, Département de Biologie].

**Belamri, M., & Zidoune, M. (2017).** Lait et produits laitiers (Chapitre 10). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2017. OCDE/FAO.

**Bettayeb, M., & Bezzine, S. (2013).** Étude bibliographique du lait [Projet de fin d'études, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, Institut des Sciences Vétérinaires].

**Benaissa, M. H., Belkasmi, F., & Temim, S. (2019).** Performances laitières et reproduction chez les petits ruminants en Algérie. *Revue de l'élevage en Algérie*, 17(2), 55–65.

**Boichard, D., Govignon-Gion, A., Larroque, H., Maroteau, C., Palhière, I., Tosser-Klopp, G., Rupp, R., Sanchez, M. P., & Brochard, M. (2014).** Déterminisme génétique de la composition en acides gras et protéines du lait des ruminants et potentialités de sélection.

### C

**Cannas, A., & Pulina, G. (2008).** Dairy Goats Feeding and Nutrition. CABI.

**Croguennec, T., Jeantet, R., & Brûlé, G. (2008).** *Fondements physicochimiques de la technologie laitière*. Éditions Tec & Doc.

**Chehema, A., Mekki, D. E. H., & Ababsa, F. (2010).** Systèmes d'élevage caprin et ovin dans le Sud-Est algérien. *Revue Agriculture*, 3(1), 44–53.

### E

**El Hadj Laid, H. (2022).** *Les analyses physico-chimiques du lait pasteurisé conditionné de laiterie El Arabi de El Doucen* [Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, Faculté des sciences et de la technologie, Département de chimie industrielle].

### F

**Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2015).** *Fundamentals of cheese science* (2nd ed.). Springer.

**FAO. (2011).** Good practices for dairy goat production. Rome.

### G

**Guetouache, M., Guessas, B., & Medjekal, S. (2014).** Composition chimique et valeur nutritionnelle du lait de vache, de brebis et de chèvre. *Nature & Technology*, (9), 7–15.

**Guyomarc'h, F. (2006).** Formation of heat-induced protein aggregates in milk as a means to recover the whey protein fraction in cheese manufacture, and potential of heat-treating milk at alkaline pH values in order to keep its rennet coagulation properties: A review. *Le Lait*, 86(1–2), 1–21.

### H

**Hurtaud, C., Buchin, S., Martin, B., Verdier-Metz, I., Peyraud, J. L., & Noël, Y. (2001).** La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation :

Quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques. *INRA Productions Animales*, 14(2), 129–140

**Haenlein, G. F. W. (2004).** Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155–163.

### J

**Jarzuel, F., Pasteur, M., Etoh, M., Marchandeu, M., Dupart, A., Fontaine, T., Van der Meeren, A., & Caire-Maurisier, F. (2024).** Ça-DTPA : Développement d'une forme galénique adaptée au traitement d'une contamination d'ordre nucléaire ou radiologique sur peau saine ou lésée. *Revue Médecine et Armées*.

**Jones, D., & Wilson, G. (2019).** Heat resistance in foodborne bacteria: Implications for food safety. *Journal of Applied Microbiology*, 126(5), 1321–1334.

### K

**Koohyar, F. (2013).** Refractive index and its applications. *Journal of Thermodynamics and Catalysis*, 4, 1–1.

### L

**Larpent, P. (2021).** Lait et produits laitiers. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2021-2030.

**Lalu, A. D., Safarwadi, I., & Muslimah, M. (2021).** Pengukuran indeks bias larutan untuk mengetahui kadar gula dalam tebu dengan menggunakan metode difraksi Fraunhofer celah tunggal. *Konstan: Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*, 6(1), 43–47.

**Léonil, J., Michalski, M.C., & Martin, P. (2013).** Les structures supramoléculaires du lait : structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *Productions Animales*, 26, 129-143.

**Li, Q., & Zhao, Z. (2019).** Acid and rennet-induced coagulation behavior of casein micelles with modified structure. *Food Chemistry*, 291, 231–238.

### M

**Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018).** *Brock biology of microorganisms* (15th ed.). Pearson.

**MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2021).** Statistiques de l'élevage en Algérie.

**Maiworé, J., Baane, M., Amadou, A. T., Ouassing, A. D., Tatsadjieu, N. L., & Montet, D. (2018).** Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté à Maroua, Cameroun.

**Mahaut, M. (1991).** La technologie laitière. INRA.

**M'Hamdi, N., Bouraoui, R., Darej, C., Mahjoub, A., Hassayoune, L., M'hamdi, H., & Lanouar, L. (2018).** The effect of storage temperature and duration on the composition and bacteriological quality of raw milk. *Research & Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 7, 77–82.

**Marchetti, B. (2021),** Propriétés des oses [PDF], \_

**Morand-Fehr, P., et al. (2004).** Systèmes d'élevage caprins dans le monde. *CIHEAM*, Série A, n°61.

### N

**N'guessan, E., Godrie, T., Laubier, J. D., Tanna, S. D., Ringuet, M., & Sindic, M. (2015).** A survey of bacteria found in Belgian dairy farm products. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 19, 346–354.

### P

**Papachristoforou, C., & Roushias, A. (1984).** Milk yield and composition in sheep and goat breeds. *Livestock Production Science*, 11(4), 563–572.

**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.

**Plantscope. 2012.** Production mondiale de lait

### R

**Rosner B.** Fundamentals of biostatistics. Belmont : Duxbury Press; 2006. p. 557-581.

### ✚ S

**Salama, A. A. K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Facanha, D. A. E., Guilhermino, M. M., & Bozzi, R. (2014).** Different strategies to alleviate heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 121(1), 73–82

**Smith, R., Johnson, M., & Lee, K. (2020).** Thermal adaptation in environmental bacteria: Diversity and mechanisms. *Microbial Ecology*, 79(3), 567–578.

**Sraïri, M. T., Benyoucef, M. T., & Kassaoui, M. (2006).** Qualité hygiénique du lait cru dans les élevages bovins traditionnels au Maroc. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 59(1-4), 11–16.

### ✚ T

**Thomas, D. L., & Haenlein, G. F. W. (2007).** Sheep and goat milk. In Y. W. Park & G. F. W. Haenlein (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (pp. 137–188). Blackwell Publishing.

### ✚ V

**Vázquez-Román, S., García-Lara, N., Escuder-Vieco, D., Chaves-Sánchez, F., de la Cruz-Bértolo, J., & Pallás-Alonso, C. (2013).** Determination of Dornic acidity as a method to select donor milk in a milk bank. *Breastfeeding Medicine*, 8(1), 119–123.

### ✚ W

**Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006).** *Dairy Science and Technology – 2nd Edition*. CRC Press. ( je veux ça forme apa)


### ✚ X

**Xie, Y., Chen, M., & Hu, L. (2018).** Influence of temperature on sugar detection via refractive index analysis. *Food Chemistry*, 254, 22–28.

## Liste des annexes

## Annexe 1

Attestation de stage effectuée au laboratoire de contrôle de la qualité et de répression des fraudes de la wilaya de Khenchela – ministère du commerce


**الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية**  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
 Ministère du Commerce intérieur et de la Régulation du marché national  
 Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage  
 Laboratoire du Contrôle de la Qualité et de la Répression des Fraudes - Khenchela -  
 REF N° : 18 / L.khen / 2025


وزارة التجارة الداخلية و ضبط السوق الوطنية  
 المركز الجزائري لمراقبة النوعية و الرزم  
 مخبر تحليل النوعية و قمع الغش - خنشلة -  
 خنشلة في : 15 10 2025

**ATTESTATION DE STAGE**

Je soussigne(é), Ksouri Aicha, chef de laboratoire du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes. Atteste que :

Melle : Toumi Chima  
 Née le : 24/05/1999 , à khenchela wilaya de khenchela  
 A effectué un stage au sein de notre laboratoire, au niveau du département des analyses microbiologiques, et ce, du 01 avril jusqu'au 30 avril 2025.

Cette Attestation a été délivrée sur la demande de l'intéressé, pour servir et valoir ce que de droit.


 مكنتة بتسيير شؤون المخبر  
 ع . كسوروي

| Cacqe khenchela : Route El-Aizar, khenchela 40000  
 Tél : (213) 032.71.93.18 / Fax : (213) 032.71.93.19 / E-mail : lab\_khenchela@cacqe.dz


**الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية**  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
 Ministère du Commerce intérieur et de la Régulation du marché national  
 Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage  
 Laboratoire du Contrôle de la Qualité et de la Répression des Fraudes - Khenchela -  
 REF N° : 21 / L.khen / 2025

وزارة التجارة الداخلية و ضبط السوق الوطنية  
 المركز الجزائري لمراقبة النوعية و الرزم  
 مخبر تحليل النوعية و قمع الغش - خنشلة -  
 خنشلة في : 09 جوان 2025

**ATTESTATION DE STAGE**

Je soussigne(é), Ksouri Aicha, chef de laboratoire du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes. Atteste que :

Melle : Hamzaoui Amel  
 Née le : 14/01/2001 , à tawzianet, wilaya de khenchela  
 A effectué un stage au sein de notre laboratoire, au niveau du département des analyses microbiologiques, et ce, du 01 avril jusqu'au 30 avril 2025.

Cette Attestation a été délivrée sur la demande de l'intéressé, pour servir et valoir ce que de droit.


 مكنتة بتسيير شؤون المخبر  
 ع . كسوروي

| Cacqe khenchela : Route El-Aizar, khenchela 40000  
 Tél : (213) 032.71.93.18 / Fax : (213) 032.71.93.19 / E-mail : lab\_khenchela@cacqe.dz

Annexe 2

Ministère du commerce – laboratoire de contrôle de la qualité et de répression des fraudes de la wilaya de Khenchela

