

N° d'ordre :
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research



معهد العلوم البيطرية
Institute of veterinary sciences



جامعة البليدة 1
university Blida-1

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique du lait de chèvre
Dans la wilaya de Tizi Ouzou**

Présenté par
Ziane Ouerdia Sarah

Présenté devant le jury :

Président :	GHARBI Ismail	MCA	I.S.V.B
Examineur :	LAOUADI Mourad	MCA	I.S.V.B
Promoteur :	MEBKHOUT FAIZA	MCA	I.S.V.B
Co-Promoteur :	BOUDERKA Ghenima	MAA	I.S.V.B

Année universitaire **2024/2025**

Remerciements

Louange à Dieu Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrante, pour sa précieuse aide, ses conseils éclairés et son suivi tout au long de ce mémoire.

Un grand merci à l'Université Saad Dahleb, à l'ensemble de l'Institut, ainsi qu'à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Je n'oublie pas mes collègues et amis(es) de promotion, pour leur entraide, leur bonne humeur et les souvenirs partagés.

Enfin, je remercie de tout cœur ma famille, mes proches et toutes les personnes qui m'ont soutenue, encouragée et motivée durant ce parcours universitaire.

Merci à vous tous.

Dédicace

Avant tout, je dédie ce travail à Dieu Tout-Puissant, pour m'avoir donné la santé, la patience et la force d'aller jusqu'au bout.

À mon cher père Ziane Khelifa,

Merci pour tes efforts, ton soutien et tes conseils. Tu es un pilier dans ma vie.

À ma chère mère Ziane Nacera,

Merci pour ton amour, ta tendresse et ta patience infinie. Tu es mon modèle et ma lumière.

À mon frère Farhat,

Merci pour ta présence, ton aide et tes encouragements dans chaque étape.

À mes amies fidèles,

Merci pour vos mots réconfortants, vos encouragements sincères et votre présence dans les moments difficiles.

Ce travail est le fruit de votre amour, de votre confiance et de vos prières.

Qu'Allah vous protège tous.

Résumé

Cette étude a été menée dans la wilaya de Tizi Ouzou dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique du lait de chèvre, en tenant compte de deux facteurs : le stade de lactation et la parité. Un total de 78 échantillons de lait cru a été prélevé auprès de différents élevages caprins. Les analyses ont été réalisées à l'aide de l'appareil Lactoscan, qui a permis de mesurer les principaux paramètres de composition du lait.

Les résultats globaux ont montré que le lait analysé présentait une composition conforme aux standards du lait caprin. La matière sèche a atteint en moyenne 11,70 %, les solides non gras 8,36 %, les matières grasses 3,31 %, les protéines 3,12 %, et le lactose 4,60 %. La densité a été estimée à 29,95, tandis que le point de congélation s'est situé autour de $-0,53$ °C. La teneur en eau ajoutée est restée faible (0,75 %), ce qui a indiqué une bonne qualité de collecte.

L'analyse selon le stade de lactation a mis en évidence une évolution de certains paramètres. En fin de lactation, la matière sèche a atteint 13,87 % et les matières grasses 5,89 %, tandis que la densité a diminué à 26,26. En revanche, les protéines et le lactose sont restés relativement stables tout au long de la lactation.

L'effet de la parité a été moins marqué. Les différences entre primipares et multipares sont restées modérées. Une densité légèrement plus élevée a été enregistrée chez les primipares (30,72) par rapport aux multipares (30,19), tandis que les autres paramètres ont peu varié.

En conclusion, cette étude a permis de confirmer que le lait de chèvre produit dans la région de Tizi Ouzou présentait une bonne qualité physico-chimique. Les variations les plus marquées ont été observées selon le stade de lactation, ce qui a souligné l'importance de cette variable dans la gestion et la valorisation de la production laitière caprine.

Mots clés : lait de chèvre, qualité physico-chimique, stade de lactation, parité

الملخص

تم إجراء هذه الدراسة في ولاية تيزي وزو بهدف تقييم الجودة الفيزيائية-الكيميائية لحليب الماعز، مع الأخذ بعين الاعتبار عاملين اثنين: مرحلة الإدرار وعدد الولادات. تم جمع ما مجموعه 78 عينة من الحليب الخام من مختلف مزارع تربية الماعز. وقد أجريت التحاليل باستخدام جهاز اللاكتوسكان، الذي مكن من قياس المعايير الرئيسية لتركيب الحليب.

أظهرت النتائج العامة أن الحليب المُحلَّل يتميز بتركيب مطابق للمعايير الخاصة بحليب الماعز. فقد بلغ متوسط المادة الجافة 11.70%، والمواد الصلبة اللاذهنية 8.36%، والدهن 3.31%، والبروتينات 3.12%، واللاكتوز 4.60%. أما الكثافة، فقد قُدرت بـ29.95، في حين بلغ نقطة التجمد حوالي -0.53 درجة مئوية. وكانت نسبة الماء المضاف منخفضة (0.75%)، مما يدل على جودة جيدة في جمع الحليب.

أظهرت التحاليل حسب مرحلة الإدرار تطور بعض المعايير. ففي نهاية الإدرار، بلغت نسبة المادة الجافة 13.87% والدهن 5.89%، بينما انخفضت الكثافة إلى 26.26. في المقابل، ظلت نسب البروتين واللاكتوز مستقرة نسبياً طوال فترة الإدرار.

أما تأثير عدد الولادات، فقد كان أقل وضوحاً. إذ بقيت الفروقات بين الماعز البكر والمتعددة الولادات معتدلة. سُجلت كثافة أعلى قليلاً لدى الماعز البكر (30.72) مقارنةً بالماعز متعددة الولادات (30.19)، بينما بقيت باقي المعايير شبه مستقرة.

ختاماً، سمحت هذه الدراسة بتأكيد أن حليب الماعز المنتج في منطقة تيزي وزو يتمتع بجودة فيزيائية-كيميائية جيدة. وقد سُجلت أبرز التغيرات حسب مرحلة الإدرار، مما يبرز أهمية هذه المتغير في إدارة وتحسين إنتاج الحليب عند الماعز.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز، الجودة الفيزيائية-الكيميائية، مرحلة الإدرار، عدد الولادات.

Abstract

This study was conducted in the wilaya of Tizi Ouzou to assess the physicochemical quality of goat milk, taking into account two factors: stage of lactation and parity. A total of 78 raw milk samples were collected from different goat farms. The analyses were carried out using the Lactoscan device, which allowed for rapid measurement of the main milk composition parameters.

The overall results showed that the analyzed milk had a composition consistent with the standard values for raw goat milk. The average total solids content was 11.70%, non-fat solids 8.36%, fat 3.31%, protein 3.12%, and lactose 4.60%. The density was estimated at 29.95, the freezing point was around -0.53°C , and the added water content remained low (0.75%), indicating good collection quality.

Analysis according to the stage of lactation revealed changes in certain parameters. At the end of lactation, total solids reached 13.87% and fat content 5.89%, while density decreased to 26.26. Protein and lactose levels remained relatively stable throughout the lactation period.

Parity had a less pronounced effect. Differences between primiparous and multiparous goats remained moderate. A slightly higher density was recorded in primiparous goats (30.72) compared to multiparous ones (30.19), while the other parameters showed little variation.

In conclusion, this study confirmed that goat milk produced in the Tizi Ouzou region presented good physicochemical quality. The most significant variations were observed according to the stage of lactation, highlighting the importance of this factor in managing and optimizing goat milk production.

Keywords: goat milk, physicochemical quality, stage of lactation, parity

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 13

Partie Bibliographique

Chapitre I: Généralités

I. La population caprine en Algérie	17
II. Les principales races caprines en Algérie	17
1. Les races locales	18
2. Les races croisées	18
3. Les races à viande	20
III. Production laitière	23

Chapitre II : Généralités sur la mamelle chez la chèvre

1. Etude générale de la mamelle	25
1.1. Définition	25
1.2. Anatomie de la mamelle	25
1.3. Particularités anatomiques chez la chèvre	26
2. Mécanisme de la sécrétion du lait	26
3. Mécanisme de défense de la mamelle	27
3.1. Défense passive grâce au canal du trayon.	27
3.2. Défense immunitaire (défense active).	27

Chapitre III : Lait de chèvre

1. Définition du lait	29
2. Qualité nutritionnelle du lait de chèvre	30
2.1. L'eau	30

2.2. La matière grasse	31
2.3. Les protéines	32
2.4. Les caséines	32
2.5. Les protéines du lactosérum	33
2.6. Les glucides	33
2.7. Les minéraux	34
2.8. Les vitamines	35
2.9. Les enzymes	35
3. Composition physico-chimique du lait de chèvre	36
3.1. Densité	37
3.2. PH	37
3.3. Acidité	37
3.4. Point d'ébullition	38
3.5. Point de congélation	38
4. Les facteurs influençant la composition du lait	38
4.1. Les facteurs intrinsèques	39
4.2. Les facteurs extrinsèques	40

Partie expérimentale

1. Objectifs de l'étude	44
2. Cadre de l'étude	44
3. Matériel et méthodes	44
3.1. Matériel	44
3.2. Méthodes	45
3.3. Méthodes d'analyse physico-chimique.	46
3.4. Analyse de la matière grasse par la méthode de Gerber	49
4. Résultats	51
5. Discussion	56
Conclusion	58

Recommandations et perspectives

Références bibliographiques

Liste des figures

N°	Titre de la figure	Page
01	La race Makatia	19
02	La chèvre M’Zab	20
03	La chèvre Arabia	21
04	La chèvre Alpine	22
05	La chèvre Alpine	22
06	Schéma type d’une mamelle de petit ruminant	25
07	Coupe longitudinale (ou frontale) de la glande mammaire	26
08	Structure d’un globule de matière grasse	31
09	Modèle de micelle de caséine avec sous-unités	33
10	Lactoscan	48
11	Les butyromètres	51

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	Page
01	Composition moyenne du lait de différentes espèces animales	30
02	Teneur en vitamines du lait de chèvre	35
03	Caractéristiques des principaux enzymes du lait	36
04	Calendrier des prélèvements réalisés	46
05	Résultat des valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques du lait de chèvre	51
06	Résultat comparatif des valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques chez les primipares et multipares	53
07	Résultat comparatif des valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques en fonction du stade de lactation	55

Liste des Abréviations

%	Pour cent
ADN	Acide Désoxyribonucléique
C°	Celsius
EA	Etablissement D'abattage
ELISA	Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay.
FAO	Food & Agriculture Organisation
g	Gramme
ISO	International Organization for Standardization
Kg	Kilogramme
Mg	Magnésium
mg/l	Milligramme par litre.
ml	Millilitre
OMS	Organisation mondiale de la santé.
PCR	Polymérase Chain Réaction
pH	Potentiel d'Hydrogène.
UFC	Unité formant colonie
ufc/g	Unité Formant une Colonie/ gramme
UV	Ultra-violet
ml	Microlitre.
PV	Poids vif
GMQ	Gain moyen quotidien
IC	Indice de consommation
L	Litre
MAT	Matières azotées totales
UFL	Unité fourragère lait
UFV	Unité fourragère viande
MS	Matière sèche
MO	Matière organique
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique (France)

Introduction générale

Introduction

La chèvre occupe une place essentielle dans l'élevage de subsistance et les systèmes agropastoraux, notamment dans les régions arides et montagneuses où les autres espèces animales peinent à survivre. Grâce à sa rusticité, sa capacité d'adaptation aux climats extrêmes, et sa faible exigence alimentaire, elle constitue une ressource précieuse pour les petits éleveurs (**Dubeuf et al., 2004 ; Devendra, 2013**). Outre sa viande, la production laitière caprine représente une source importante de nutrition et de revenu pour les populations rurales, notamment dans les pays en développement (**Haenlein, 2004**).

En Algérie, l'élevage caprin est pratiqué depuis l'époque néolithique (**Camps, 1976**), et il repose encore largement sur des races locales comme la Naine de Kabylie, l'Arbia, la Makatia ou la M'Zabia, qui sont bien adaptées aux conditions climatiques locales (**Moula et al., 2017**). Toutefois, sous la pression de la demande croissante en produits laitiers et de l'objectif d'amélioration des rendements, des races exotiques à haut potentiel laitier, telles que la Saanen et l'Alpine, ont été introduites (**Nessah, 2019**). Cette orientation, bien que bénéfique en termes de volume de production, présente des risques pour la préservation des ressources génétiques locales et la durabilité des systèmes traditionnels (**FAO, 2009 ; Amadou Mammaane, 2012**).

Le lait de chèvre est reconnu pour ses qualités nutritionnelles et fonctionnelles. Il est plus digeste que le lait de vache en raison de la taille plus petite de ses globules gras, de sa richesse en acides gras à chaîne courte et moyenne, et de la structure particulière de ses protéines (**Haenlein, 2001 ; Park et al., 2007**). Ces caractéristiques en font un aliment recommandé pour les enfants, les personnes âgées ou les individus présentant une intolérance au lait de vache. Sur le plan physico-chimique, la composition du lait de chèvre peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la race, le stade de lactation, l'alimentation, le climat, et les pratiques d'élevage (**Clark & García, 2017**).

En Algérie, malgré l'importance de la filière caprine, les recherches portant sur la qualité du lait de chèvre demeurent relativement limitées, comparées à celles concernant le lait bovin (**Bidjeh et al., 1991 ; Nessah, 2018**). Or, l'étude de la composition physico-chimique du lait de chèvre constitue un enjeu crucial pour la valorisation des produits laitiers caprins, le développement de produits dérivés (fromages, yaourts, laits infantiles) et l'amélioration de la qualité sanitaire et nutritionnelle.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent mémoire, dont l'objectif est d'étudier la qualité physico-chimique du lait de différentes races caprines élevées dans la wilaya de Tizi Ouzou. L'étude porte sur l'analyse de plusieurs paramètres (matière grasse, protéines, lactose, extraits secs, densité, pH, point de congélation), en fonction du stade et du rang de lactation. Elle vise à mettre en évidence les facteurs influençant ces caractéristiques, afin d'apporter des données scientifiques utiles à la valorisation de la production caprine dans la région.

**PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I : GENERALITES

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES

I. La population caprine en Algérie

La domestication de *Capra hircus* en Algérie remonte au Néolithique, principalement dans les régions littorales et du Tell (**Camps, 1976 ; Esperandieu, 1975 ; Trouette, 1930**). Progressivement, l'élevage caprin s'est concentré dans les zones montagneuses, steppiques et oasiennes, où la chèvre s'adapte particulièrement bien aux conditions difficiles (**Park, 2012**). Malgré son importance historique et son rôle dans l'agriculture traditionnelle, l'élevage caprin reste marginalisé, représentant seulement 13 % du cheptel national (**Fantazi, 2004**).

Le cheptel caprin algérien est caractérisé par une grande diversité, avec une prédominance de races locales soumises à la sélection naturelle. La majorité appartient au rameau Nord Africain, reconnaissable à ses poils noirs, sa grande taille et sa robustesse, des traits similaires aux types Kurde et Nubio-Syrien (**Charlet et Le Jaouen, 1976**). À côté de ces races locales, des races introduites comme l'Alpine et la Saanen, ainsi que des croisements, sont également présentes (**Bey et Laloui, 2005**).

L'élevage caprin est majoritairement pratiqué de manière traditionnelle dans des zones difficiles d'accès, impliquant environ trois quarts des foyers ruraux (**Chiche, 1999**). En 2017, le cheptel était estimé à 5 007 894 têtes, avec une légère croissance attribuée aux tentatives d'intensification par l'introduction de races améliorées, notamment l'Alpine et la Saanen (**Manalleh, 2012**). La répartition des chèvres varie selon les zones agro écologiques : 30,7 % en zones steppiques, 26,6 % en zones sahariennes, 28,3 % dans le Tell et 13,2 % en zones montagneuses (**Madani et al., 2015**). Cette distribution dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature du territoire, le mode d'élevage et l'importance accordée à cette activité (**Hafid, 2006**).

II. Principales races caprines

L'Algérie compte une grande diversité de races caprines locales, chacune étant adaptée à des conditions environnementales spécifiques. Parmi elles, la chèvre arabe occupe une place importante et joue un rôle essentiel dans l'économie pastorale du pays.

1. Les races locales

Le cheptel caprin local en Algérie appartient au rameau Nord-Africain, présentant des similitudes avec les types Kurde et Nubio-syrien (**Moula et al., 2017**). Ce groupe comprend plusieurs races distinctes : la race Arbia, principalement présente dans la région de Laghouat ; la race Kabyle, qui peuple les montagnes de Kabylie et des Aurès ; la race Makatia, adaptée aux hauts plateaux et à certaines zones du Nord ; et la race M'Zabia, implantée dans la partie septentrionale du Sahara (**Hellal, 1986 ; Dekkiche, 1987 ; Sebaa, 1992 ; Takoucht, 1998**).

1.1. Les chèvres arabes

La chèvre arabe, également connue sous le nom de chèvre Sahélienne (ou encore Touareg, Fulani, Bariolée du Sahel), constitue la population caprine la plus répandue en Algérie, représentant environ 30 % du cheptel national. Elle se divise en deux sous-populations principales : l'Arabia et la Makatia (**Madani et al., 2003**).

2. Les races croisées

Depuis l'époque coloniale, plusieurs stratégies ont été mises en place en Algérie pour améliorer les performances zootechniques du cheptel caprin local, notamment en matière de production laitière et de viande. Cela s'est traduit par l'introduction de races réputées pour leur productivité, telles que la Saanen, l'Alpine et la Maltaise (**Ghechoua et Ghetas, 2015**). D'autres races, comme la Murciana et la Toggenburg, ont également été importées (**Kerkhouche, 1979**). Selon ce dernier, la Maltaise et la Murciana ont été introduites pendant la colonisation, notamment à Oran et sur le littoral, tandis que des tentatives d'importation supplémentaires ont été menées après l'indépendance, notamment dans la Mitidja, à Tizi-Ouzou, à Sétif et dans le Haut Chélif.

D'après **Aissaoui (2020)**, les races importées sont principalement représentées par la Saanen, et dans une moindre mesure par l'Alpine, toutes deux originaires d'Europe. **Feliachi (2003)** précise que la Saanen a fait l'objet d'essais d'élevage en race pure, spécialisée dans la production laitière, notamment en Kabylie.

2.1. La chèvre Makatia

La chèvre Makatia appartient à la population sahélienne et est principalement présente sur les hauts plateaux ainsi que dans le nord de l'Algérie. Elle résulterait d'un croisement entre la Cherkia et l'Arbia à poils longs, originaire de la région d'Ouled Nail. On la retrouve notamment dans la région de Laghouat, souvent en association avec la chèvre Arbia

C'est une race de grande taille, elle se distingue par un corps allongé (**Hellal, 1986**). Sa robe présente une diversité de couleurs, allant du gris au beige, en passant par le blanc et le brun, avec un pelage ras d'une longueur moyenne de 3 à 5 cm. Sa mamelle est bien équilibrée, haute et solidement attachée, avec une forme carrée, et environ deux tiers des individus possèdent de gros trayons. Cette race est principalement exploitée pour la production de lait et de viande, mais elle est également prisée pour la qualité de sa peau et de son cuir (**Feliachi, 2003**).



Figure 01 :La race Makatia (ITELV 2003)

2.2. La chèvre M'Zab

Appelée également Touggourt, est originaire de M'Tlili, dans la région de Ghardaïa, bien qu'on puisse la retrouver dans toute la partie nord du Sahara (**Feliachi, 2003**). De taille moyenne (65 cm), elle se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne. Sa tête est fine et munie de cornes, tandis que sa robe peut être de trois couleurs : le chamois, qui domine, le blanc et le noir (**Feliachi, 2003**). Son pelage est majoritairement court, avec 83 % des individus ayant des poils de moins de 3 cm de longueur (**Hellal, 1986**). Sa mamelle est bien équilibrée, haute et solidement attachée, avec de petits trayons, bien que certains sujets puissent présenter des mamelles plus basses et des trayons plus volumineux (**Guessas et Semar, 1998**). Excellente race laitière, la chèvre M'Zab possède un fort potentiel zootechnique et constitue un atout économique majeur (**Feliachi, 2003**).



Figure 02 : La chèvre M'Zab(www.google.com)

3. Races à viande

3.1. La chèvre Arabia

Également appelée population maghrébine, la chèvre Arabia appartient à la population sahélienne, qui représente environ 30 % du cheptel national (**Gredaal, 2003**). Elle est principalement localisée dans la région de Laghouat et les hautes plaines. Cette race se divise en deux sous-types : l'un sédentaire et l'autre transhumant (**Madani et al., 2003**).

De format modeste, la chèvre Arabia mesure entre 50 et 70 cm. Sa tête est dépourvue de cornes, tandis que celles des mâles sont généralement longues et orientées vers l'arrière. Elle se distingue par un pelage long, des pattes blanches au-dessus du genou, des raies blanches et fauves sur le visage, ainsi que des taches blanches situées à l'arrière des cuisses. Sa mamelle, carrée et bien attachée, est solidement fixée en hauteur, avec de petits trayons chez les deux sous-types (**Gredaal, 2003 ; Hafid, 2006**). Le type sédentaire présente un pelage plus long, mesurant entre 14 et 21 cm, tandis que celui du type transhumant varie entre 10 et 17 cm (**Feliachi, 2003**). Cette race est principalement élevée pour la production de viande de chevreaux (**Gredaal, 2003**).



Figure 03 :La chèvre Arabia(ITELV 2003)

3.2. La chèvre Kabyle

Également appelée « Naine de Kabylie » ou Berbère, cette chèvre autochtone occupe principalement les massifs montagneux de la Kabylie et de l'Aurès. De petite taille, elle se distingue par un pelage long, généralement brun foncé, parfois noir. Sa tête, au profil courbé, est ornée de cornes **(Feliachi, 2003)**.

Robuste et trapue, la chèvre Kabyle est peu productive en lait mais est particulièrement appréciée pour la qualité de sa viande **(Gredaal, 2003)**.

3.3. La chèvre Alpine

Originaire des Alpes suisses et françaises, la chèvre Alpine trouve son berceau en Savoie, où elle conserve un cheptel significatif **(Caprigene, 2004)**. Cette race se distingue par une robe unicolore, avec une prédominance de la teinte fauve. Certaines variantes de couleur existent, notamment le noir et le marron, ainsi que des combinaisons particulières telles que la robe polychrome, avec un ventre et une raie dorsale noirs **(Palhiere, 2001)**.

L'Alpine possède un pelage ras, une poitrine profonde et un bassin large, peu incliné. Ses membres sont robustes, avec des articulations sèches, et ses aplombs, à l'avant comme à l'arrière, se rétractent bien après la traite. Sa mamelle est bien développée, avec des trayons distincts, orientés vers l'avant et presque parallèles **(Caprigene, 2004)**.



Figure 04 : La chèvre Alpine(www.capgenes .com)

3.4. La chèvre Saanen

Originaire de la haute vallée de la Saane en Suisse, la Saanen est la race caprine laitière la plus répandue au monde. En France, elle est principalement élevée dans le sud-est, le centre et l'ouest, où elle offre de très bonnes performances et démontre une grande capacité d'adaptation à divers régimes alimentaires (**Caprigene, 2004**).

Cette chèvre se caractérise par un pelage court, dense et soyeux, avec une robe uniformément blanche. Sa tête présente un profil droit, tandis que sa poitrine, profonde, large et longue, témoigne d'une importante capacité thoracique. Son épaule est large et bien attachée, ses aplombs sont corrects et ses allures harmonieuses. Sa mamelle, globuleuse et bien fixée, est particulièrement développée, avec une base supérieure très large (**Caprigene, 2004**).



Figure 05 : La chèvre Alpine(www.capgenes .com)

III. Production laitière

La production laitière caprine est généralement modeste, avec une moyenne d'un litre de lait par jour pendant 4 à 5 mois après la mise-bas. Ce lait est principalement destiné à l'autoconsommation et à l'allaitement des chevreaux, mais il sert également à la fabrication de divers sous-produits laitiers **(Khelifi, 1999)**.

Parmi les produits issus du lait de chèvre, le fromage occupe une place prépondérante. Toutefois, d'autres produits dérivés existent, notamment le yaourt, le lait acidifié, le kéfir, la crème, le beurre clarifié (populaire en Inde et en Iran), l'huile de beurre, les laits infantiles (appréciés à Taiwan, en Nouvelle-Zélande et en Australie), les glaces, ainsi que des bonbons à base de lait caramélisé sucré, fabriqués notamment au Mexique, en Norvège et en Inde **(Soustre, 2007)**.

En Algérie, la transformation du lait de chèvre reste limitée, avec une grande partie de la production destinée à la consommation familiale **(Escareño et al., 2013)**. Sur le marché, les dérivés les plus courants sont les laits fermentés comme le Raïb, le Lben et le Jben, dont la qualité sensorielle peut varier **(Badis et al., 2005)**. Malgré son potentiel laitier, la production de lait de chèvre en Algérie demeure marginale par rapport à celle du lait bovin. De plus, l'absence d'un système de collecte structuré complique l'évaluation précise de sa production **(Khelifi, 2015)**.

CHAPITRE II :Généralité sur la mamelle chez la chèvre

CHAPITRE II : Généralité sur la mamelle chez la chèvre

1. Étude générale de la Mamelle

1.1. Définition

La mamelle est un organe glandulaire, d'origine ectodermique, riche vascularisée et innervée, constituée de plusieurs tissus (**Soltner, 1993**). Considérée également comme glande annexe de l'appareil reproducteur, elle est spécialisée dans la fonction de sécrétion du lait et du colostrum (**Barone, 1978**).

1.2. Anatomie de la mamelle

La chèvre et la brebis possèdent une seule paire de mamelles, située comme chez tous les ruminants domestiques en position inguinale. Alors que la brebis a de petites mamelles, et un pis de forme globuleuse et peu décroché de l'abdomen ; chez la chèvre, le pis est plutôt pendant, à l'image de la vache (**Bressou, 1978**). Par ailleurs, la forme du pis varie selon la race, l'âge et le stade de lactation.

Les mamelles sont soutenues par un tissu conjonctivo-élastique latéral et sont séparées médialement par un septum conjonctivo-élastique formé par un ligament suspenseur médian. Cet appareil suspenseur médian forme un sillon sur la peau, entre les mamelles, appelé (sillon inter mammaire). Chaque mamelle contient un parenchyme glandulaire et de soutien. La glande mammaire est composée d'alvéoles sécrétrices produisant le lait à partir de cellules appelées lactocytes (**Barone, 2001 ; Smith et Sherman, 2009**).

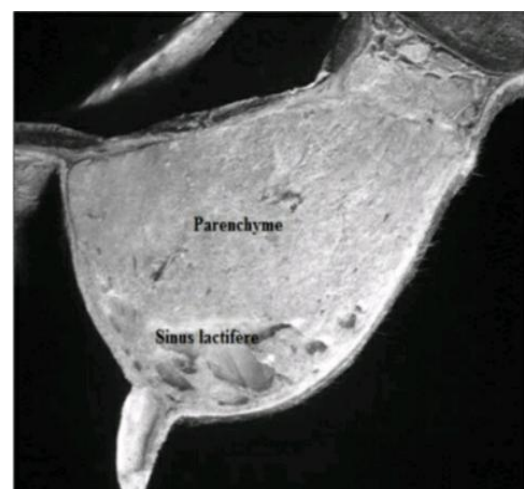
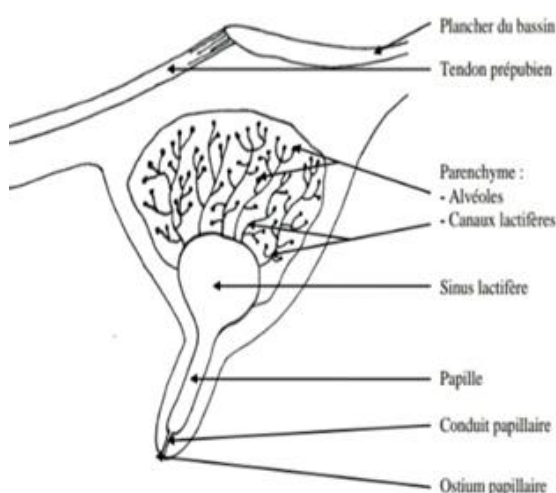


Figure 06 : Schéma type d'une mamelle de petit ruminant(Barone, r. 2001)

chèvre**1.3. Particularités anatomiques chez la chèvre**

Chez la chèvre, le lait produit est conduit par 12 à 15 canaux lactifères jusqu'à la citerne, appelée sinus lactifère. La citerne est plus vaste chez la chèvre que chez la brebis. Depuis la citerne, le lait passe par un repli annulaire pour arriver dans le trayon. Le trayon de la chèvre est de forme conique et glabre ; il mesure environ 7 centimètres de long et est dirigé cranio-latéralement. Le lait est retenu par un sphincter unique au bout du trayon. Ce sphincter entoure un conduit papillaire unique qui se termine au niveau de l'ostium papillaire (**Barone, 2001**).

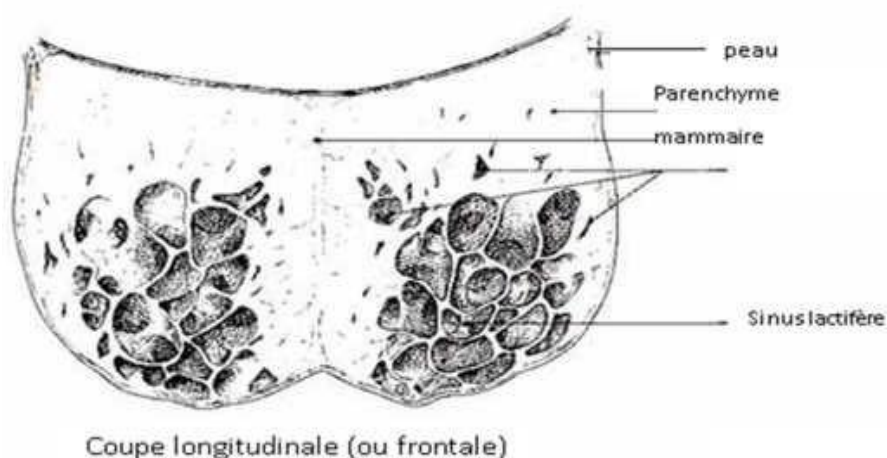


Figure 07 : Coupe longitudinale (ou frontale) de la glande mammaire (**Barone, r. 2001**)

2. Mécanisme de la sécrétion du lait

La sécrétion du lait de chèvre se fait de manière apocrine : la partie apicale de la cellule sécrétoire est éliminée en même temps que les produits de sécrétion. Ainsi, le lait contient de volumineuses particules cytoplasmiques (dépourvues d'ADN) pouvant être comptabilisées comme des cellules somatiques par les automates compteurs de particules. Ce n'est pas le cas chez la vache qui a une sécrétion lactée mérocrine : l'intégrité de la cellule est conservée lors de la sécrétion (**Marnet, 1998**).

Une fois sécrété, le lait est stocké dans la citerne qui est très volumineuse, contrairement à la vache, dont le lait est majoritairement sécrété pendant la traite par les alvéoles, la chèvre stocke déjà 70% de son lait dans la citerne et seulement 30% du lait est sécrété par les alvéoles pendant la traite (**Reveau et al., 1998**).

chèvre

Le lait alvéolaire est expulsé vers les canaux galactophores grâce à la contraction de fibres myoépithéliales provoquée par l'ocytocine (hormone hypophysaire sécrétée au cours de la traite). Chez la vache, la préparation de la mamelle favorise la décharge d'ocytocine, ce qui accroît le débit du lait et entraîne une diminution de la durée de traite. Chez la chèvre, cette propriété n'est pas observée du fait de la forte réserve de la citerne qui permet de lisser le débit du lait : il est élevé dès le début de la traite (**Marnet, 1998 ; Marnet et Mckusick, 2001**).

3. Les mécanismes de défense de la mamelle (immunité)

La mamelle est caractérisée par un système immunitaire très développé contre les agents pathogènes pénétrant par le canal du trayon par voie hématogène :

3.1. Défense passive grâce au canal du trayon

Le pseudo-sphincter, responsable de la fermeture du canal, constitue une barrière physique limitant la pénétration des germes. Il est composé de fibres musculaires lisses et de fibres élastiques, assurant ainsi son rôle protecteur. De plus, à la partie proximale du canal, la rosette des plis papillaires, également appelée rosette de Fürstenberg, joue un rôle défensif grâce à ses replis muqueux. Par ailleurs, l'élimination des germes est facilitée par l'écoulement du lait lors de la traite, par la desquamation des cellules kératinisées de l'épithélium du canal, ainsi que par les propriétés bactériostatiques et bactéricides de la kératine (**Paape et Capuco, 1997**).

3.2. Défense immunitaire (défense active)

La défense immunitaire active repose sur deux mécanismes complémentaires. L'immunité cellulaire est assurée par les cellules présentes dans le lait, notamment les granulocytes neutrophiles, les macrophages et les lymphocytes, qui jouent un rôle essentiel dans la lutte contre les infections (**Paape et Capuco, 1997**). L'immunité humorale, quant à elle, repose sur la présence d'immunoglobulines, dont la concentration est inférieure à celle du sang, mais qui participent à la neutralisation des toxines bactériennes, à l'inhibition de l'adhésion des germes à l'épithélium glandulaire mammaire et à l'opsonisation. De plus, certaines protéines du lait, appelées lacténines, interviennent dans l'immunité non spécifique de la mamelle, notamment les protéines du complément, le lysozyme et la lactoferrine, qui contribuent à la protection contre les infections (**Fetherson et al., 2001**).

Chapitre III : Lait de chèvre

Chapitre III : Lait de chèvre

1. Définition du lait

Selon le **codex (norme 206-1999)**, le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (**Snappe et al., 2010**).

D'un point de vue descriptif, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré. Il est sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles dans le but de nourrir les jeunes (**Aboutayeb, 2009**).

Il convient de noter que la dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache. Ainsi, tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache doit être désigné en spécifiant l'espèce animale dont il est issu (**Veisseyre, 1979**).

Le lait de chèvre est reconnu comme l'un des plus complets et des mieux équilibrés sur le plan nutritionnel (**Jenot et al., 2000 ; Doyon, 2005**). Il se distingue par sa couleur blanchâtre mate, due à l'absence de β -carotène. Légèrement sucré, il possède une saveur caractéristique et une odeur relativement neutre (**Benhoucine, 2011**). Sa composition inclut des lipides sous forme de globules gras en émulsion, des caséines en suspension colloïdale, ainsi que diverses protéines dissoutes dans une phase aqueuse, aux côtés du lactose, des vitamines et des minéraux (**Amiot et al., 2002**).

Doté d'une valeur nutritive remarquable, le lait de chèvre contient moins d'allergènes que le lait de vache et subit une fermentation lactique plus lente. Toutefois, sa consommation reste limitée (**Gelais, 2002**). La production laitière et la composition du lait varient considérablement selon l'espèce, le stade de lactation, la saison et divers autres facteurs. Ces variations reflètent les besoins nutritionnels spécifiques de chaque espèce, pour lesquelles le lait constitue la principale source de nutriments durant la phase de nourrissage (**Mahé, 1996**).

2. La qualité nutritionnelle du lait de chèvre

Le lait de chèvre, par la complexité de sa composition et la spécificité de ses éléments, est parfaitement adapté aux besoins nutritionnels et aux capacités digestives des jeunes de l'espèce qui le produit (**Ramet, 1985**). Principalement constitué d'eau, il contient également du lactose, qui en est le principal glucide, ainsi que des lipides, majoritairement sous forme de triglycérides regroupés en globules. Les protéines qu'il renferme incluent les caséines sous forme de micelles, ainsi que les albumines et globulines solubles. Il est aussi riche en sels minéraux sous forme ionique et moléculaire, et en éléments traces essentiels tels que les enzymes, les vitamines et les oligoéléments, qui jouent un rôle biologique important (**Pougheon et Goursaud, 2001**). La composition moyenne du lait varie en fonction de l'espèce, de la race, de l'alimentation de l'animal et de son stade de lactation (**Kongo et Malcata, 2016**).

Tableau 01 :Composition moyenne du lait de différentes espèces animales (**Vignola, 2002**)

Animaux	Eau (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87.5	3.7	3.2	4.6	0.8
Chèvre	87.0	3.8	2.9	4.4	0.9
Brebis	81.5	7.4	5.3	4.8	1.0
Chamelle	87.6	5.4	3.0	3.3	0.7
Jument	88.9	1.9	2.5	6.2	0.5
Femme	87.1	4.5	3.6	7.1	0.2

2.1. L'eau

L'eau représente environ 81 à 87 % du volume total du lait, en fonction de la race. Elle se trouve sous deux formes : libre, constituant environ 96 % du volume total, et liée à la matière sèche, constituant environ 4 % du volume total (**Ramet, 1985**).

Proportionnellement, l'eau est le composant le plus important du lait. Elle possède un

caractère polaire en raison de la présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres. Ce caractère polaire lui permet de former une solution réelle avec des substances polaires telles que les glucides et les minéraux, ainsi qu'une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. En revanche, les matières grasses, qui ont un caractère non polaire ou hydrophobe, ne peuvent se dissoudre et forment une émulsion de type huile dans l'eau. Il en va de même pour les micelles de caséines, qui forment une suspension colloïdale car elles sont solides (**Amiot et Coll, 2002**).

2.2. La matière grasse (%)

Les matières grasses, qu'on trouve sous forme de globules gras en émulsion dans le lait : une suspension de globules liquides qui ne se mélangent pas avec l'eau du lait (**Wattiaux et Howard., 2006**), sont produites en partie dans la mamelle de la chèvre (**Chilliard., 1996**) et elles sont, avec les glucides, les sources principales d'énergies pour l'animal (**Kongo et al., 2016**). En moyen, le lait caprin contient 35 à 40g/l de matière grasse (**Chilliard., 1996, Amiot et al., 2002**). Cette moyenne diffère avec l'espèce, la race ou le génotype des animaux, leur stade de lactation et leur alimentation (**Lahrech., 2019**). Les globules gras du lait de chèvre ont un diamètre moyen d'environ 3 μm (**Wolff et Fabien, 1998**); en raison de cette petite taille et d'un pourcentage plus faible d'agglutinine dans leurs membranes externes (qui favorise la formation de la crème dans le lait de vache (**Chilliard., 1996**), les globules de gras ont moins tendance à s'agglomérer et à s'écrémer à froid et elles se séparent très peu par gravité (**Amiot et al., 2002**) et peut être elles contribuent à sa bonne digestibilité (**Chilliard., 1996**).

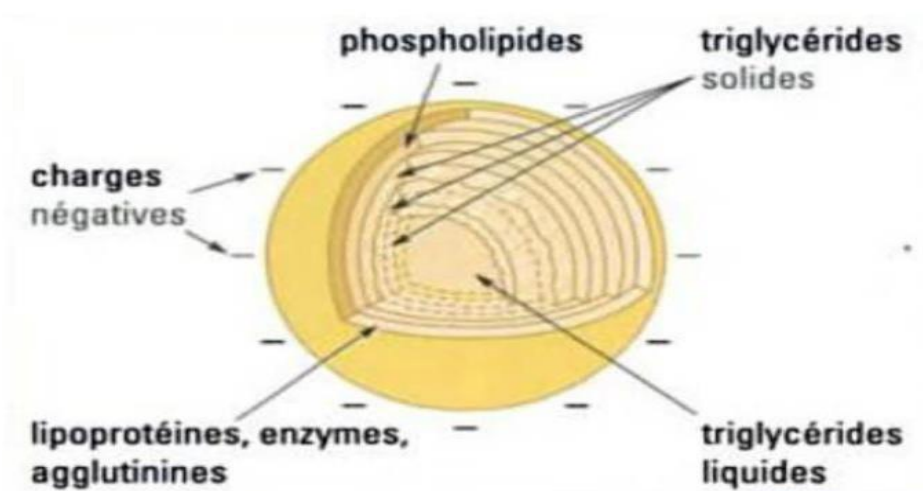


Figure 08 : Structure d'un globule de matière grasse (**Kabir, 2015**)

2.3. Les protéines (%)

Les protéines du lait se trouvent dans la phase aqueuse et sont majoritairement représentées, à environ 80 %, par la caséine, qui est organisée sous forme de micelles (**Mahé et al., 1993 ; Chanokphat, 2005**). Cette protéine, caractéristique du lait, a la particularité d'être déstabilisée par voie acide ou enzymatique, permettant ainsi la coagulation (**Ramet, 1985**). La fraction micellaire varie en quantité et en qualité selon les espèces, mais au sein d'une même espèce, elle demeure pratiquement identique d'un individu à l'autre (**Martin, 1996 ; Morgan et al., 2003**). Les 20 % restants de la fraction protéique sont constitués de protéines solubles du lactosérum, notamment les albumines, les globulines et les protéases peptones (**Collin et al., 1991 ; Trujillo et al., 2000 ; Chanokphat, 2005**). Contrairement à la caséine, ces protéines ne précipitent ni sous l'effet de l'acidification ni sous l'action des enzymes, mais elles sont sensibles à la chaleur. Leur forte hydrophilie leur confère des propriétés fonctionnelles spécifiques, en plus d'une valeur nutritionnelle élevée (**Ramet, 1985**).

2.4. Caséines (%)

Les caséines constituent 68 à 70 % des protéines totales du lait de chèvre et se divisent en quatre fractions phosphorylées : $\alpha S1$, $\alpha S2$, β et κ (**St Gelais et al., 2000**). Comparé au lait de vache, le lait de chèvre contient moins de caséine $\alpha S1$, responsable de l'amertume des fromages, mais davantage de caséines $\alpha S2$ (21 % contre 10 %) et β (48 % contre 35 %), ces dernières étant moins sensibles au calcium et jouant un rôle important dans la coagulation (**Amiot et al., 2002 ; Remeuf et al., 2001 ; Chanokphat, 2005**).

La caséine κ , représentant environ 15 %, est la seule glycoprotéine de cette famille. Elle stabilise les micelles en empêchant leur agrégation et en maintenant leur suspension dans le lait grâce à sa structure amphiphile et sa faible sensibilité aux ions calcium (**Martin et Leroux, 2000 ; Leonil et al., 2007**). La caséine γ , en faible quantité, résulte de la protéolyse de la caséine β (**Chanokphat, 2005**).

Les caséines s'organisent en micelles suspendues dans le lait grâce aux interactions entre les résidus phosphosérines et le phosphate de calcium. Ces micelles sont plus grandes et plus minéralisées dans le lait caprin, ce qui réduit leur hydratation mais influence leur stabilité thermique (**Pierre et al., 1998 ; Ould Eleya et al., 1998**).

Enfin, bien que le lait de chèvre contienne 75,6 % de caséines parmi les matières azotées totales, seules 70,9 % d'entre elles sont réellement coagulables (**Grappin *et al.*, 1981**).

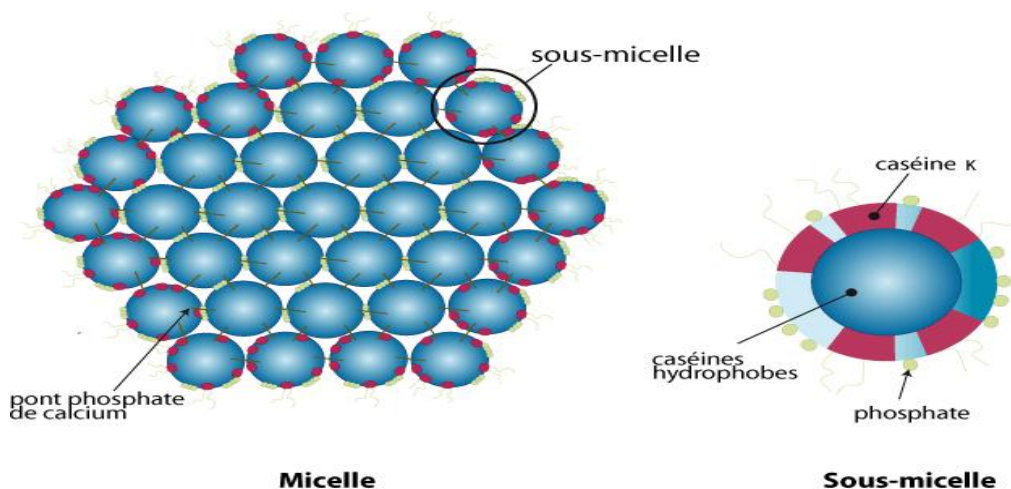


Figure 09 :Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (**AMIOT *et al.*, 2002**)

2.5. Les protéines du lactosérum

Les protéines de lactosérum représentent environ 20 % des protéines du lait de chèvre et restent solubles après la coagulation des caséines. Les principales sont la β -lactoglobuline (55 % des protéines du lactosérum), qui joue un rôle dans le transport du rétinol et la prolifération cellulaire, et l' α -lactalbumine (20-25 %), impliquée dans la synthèse du lactose et fixant divers ions (**Meza-Nieto *et al.*, 2006 ; Marshall, 2004**).

D'autres protéines incluent le sérum albumine (7 %), similaire à son homologue sanguin et impliquée dans le transport de divers composés (**Lonnerdal, 1985**) ; les immunoglobulines (18,3 % des protéines totales), essentielles à la défense immunitaire, principalement sous forme d'IgG, IgA et IgM, abondantes dans le colostrum (**Park, 2001**) ; et la lactoferrine, qui fixe le fer et possède une activité antibactérienne (**Hurley *et al.*, 1993**).

Les protéose-peptones, issues de l'hydrolyse de la caséine β et d'une glycoprotéine phosphorylée, sont obtenues après traitement thermique (**Paquet, 1989**). Enfin, la lactoperoxydase, enzyme majoritaire du lait (30 mg/L), possède un pouvoir bactéricide en oxydant le thiocyanate en hypothiocyanate, actif contre diverses bactéries (**Ribadeau-Dumas et Grappin, 1989**).

2.6. Les glucides

Le lactose, principal glucide du lait de chèvre, est un disaccharide composé de glucose et de galactose liés par une liaison $\beta(1-4)$ (**Amiot *et al.*, 2002**). Il est le constituant le plus stable du

lait au cours de la lactation (**Lopez et al., 1999**), avec une teneur moyenne d'environ 50 g/L, présentant de faibles variations inversement proportionnelles au taux butyreux (**Hoden et Coulon, 1991**). Ce sucre, stable face aux agents chimiques, possède un pouvoir sucrant environ six fois inférieur à celui du saccharose (**Pougheon et al., 2001**).

Lors de la transformation du lait, le lactose peut subir trois principales réactions chimiques (**Amiot et al., 2002**): l'hydrolyse, qui se produit soit sous l'effet d'une acidité élevée (pH <2 à 159°C sous pression), soit sous l'action de l'enzyme lactase (β -galactosidase) ; le brunissement non enzymatique, notamment la réaction de Maillard, où le lactose réduit interagit avec les acides aminés basiques des protéines sous l'effet d'une chaleur prolongée (120°C), produisant des pigments mélanoidines ; et enfin, la fermentation, assurée par les bactéries lactiques via la voie de Meyerhof-Embden, transformant chaque molécule de lactose en quatre molécules d'acide lactique.

Le lactose constitue un substrat essentiel pour les bactéries lactiques, qui le dégradent en glucose et galactose grâce à leur enzyme galactosidase, favorisant la fermentation et la production d'acide lactique. Cette acidification entraîne la déminéralisation des micelles de caséine, menant à la formation du caillé lactique (**St-Gelais et al., 2000**). Cependant, lorsque la capacité de fermentation de la flore intestinale est dépassée, des troubles digestifs tels que douleurs et diarrhées apparaissent, phénomène connu sous le nom d'intolérance au lactose. Environ 70 % des individus perdent progressivement l'activité lactase intestinale au cours de leur développement (**Mahé, 1996**).

2.7. Les minéraux

La fraction minérale du lait de chèvre représente environ 8 % de la matière sèche (**Kern, 1954**). Les minéraux s'y trouvent sous deux formes principales : sous forme libre dans la phase aqueuse ou liés aux caséines dans la phase micellaire. Ces deux états sont en équilibre (**Daviau et al., 2000**), mais cet équilibre peut être perturbé par des variations physico-chimiques, telles que les changements de température, de pH ou l'ajout de calcium et/ou de phosphore (**Le Jaouen, 1986**).

Bien que la composition minérale du lait de chèvre soit globalement similaire à celle du lait de vache, il se distingue par une teneur légèrement plus élevée en calcium et en phosphore, ainsi qu'une concentration nettement plus importante en magnésium, potassium et chlorure

(Guéguen, 1996). Ces sels minéraux jouent un rôle essentiel dans la stabilité des micelles de caséines (Gaucheron, 2005). De plus, la concentration en calcium, en phosphore et en Caséines influence le pouvoir tampon du lait, c'est-à-dire sa capacité à résister aux variations de pH. En fabrication fromagère, un lait avec un faible pouvoir tampon coagule plus rapidement qu'un lait fortement tamponné ou nécessite une quantité moindre d'agent coagulant pour atteindre le même temps de coagulation (St-Gelais *et al.*, 2000).

2.8. Les vitamines

Les vitamines jouent un rôle essentiel sur le plan biologique en agissant comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et les échanges au niveau des membranes cellulaires (AMIOT *et al.*, 2002). Elles sont classées en deux catégories selon leur solubilité. D'un côté, nous avons les vitamines hydrosolubles, telles que les vitamines du groupe B et la vitamine C, présentes en quantités constantes. De l'autre côté, il y a les vitamines liposolubles, notamment la vitamine A, la vitamine D, la vitamine E et la vitamine K (JEANTET *et al.*, 2008).

Tableau 02 : Teneur en vitamines du lait de chèvre (g/l) (FAO, 2002)

Vitamines	Concentration g/l
Vitamine A	0,24
B-carotenes	<0,10
Vitamine E	2 ,3
Vitamine C	4,20
Vitamine B1	0,41
Vitamine B2	1,38
Vitamine B6	0,60
Vitamine B12	0,0008
Acide nicotinique	3,28
Acide folique	0,006

2.9. Les enzymes

Les enzymes sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules

ou des organismes vivants. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait sont présentées dans le Tableau N° 03.

Une grande partie de ces enzymes se trouve dans la membrane des globules gras, mais le lait contient également de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui produisent des enzymes. Ainsi, il n'est pas facile de distinguer les enzymes naturelles des enzymes extérieures.

Ces enzymes jouent un rôle très important en fonction de leurs propriétés spécifiques :

- Elles participent à la dégradation des constituants d'origine du lait, ce qui a des conséquences significatives sur les plans technologique et organoleptique du lait (lipase, protéase).
- Elles ont un effet antibactérien, offrant une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- Elles servent d'indicateurs de la qualité hygiénique du lait (vérification de l'efficacité de la pasteurisation, notamment en recherchant la présence de phosphatase alcaline) (Debry, 2001).

Tableau 03 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (Vignola Carole, 2002)

Groupes d'enzymes	Classes d'enzymes	pH	Temperature (C°)	Substrats
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters phosphoriques
	Protéases			
	Lysozyme	7.5	37	Paroi cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou oxydases	Sulfhydryle oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs +H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

3. Composition physico-chimique du lait de chèvre

La connaissance des propriétés physico-chimiques du lait est d'une importance

incontestable car elle permet d'évaluer plus précisément la qualité de la matière première et de prévoir les traitements et opérations technologiques appropriés (**El Marnissi et al., 2013**).

Selon **Amiot et al. (2002)**, les principales caractéristiques physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière incluent la masse volumique, la densité, l'acidité, le point de congélation et le point d'ébullition. Le rapport entre certains composants du lait est particulièrement stable, ce qui permet de détecter d'éventuelles altérations de sa composition naturelle. Par exemple, l'ajout d'eau dans le lait peut être identifié par une modification anormale de sa densité et de son point de congélation, ces paramètres étant normalement bien définis (**Wattiaux et Howard, 2006**).

3.1. Densité

La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante, elle varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension, ainsi que de la proportion de matière grasse (**Alais, 1984**). La densité du lait augmente lors de l'écémage et diminue lors du mouillage (**Vignola, 2002**). Le lait de chèvre a une densité qui se situe entre 1028 à 1030 (**Gaddour et al., 2013**).

3.2. pH

Le pH du lait varie d'une espèce à une autre en raison des différences de composition chimique, notamment en termes de caséine et de phosphate, ainsi que des conditions environnementales (**Alais, 1984**). Les valeurs de pH reflètent l'état de fraîcheur du lait, en particulier en ce qui concerne sa stabilité, car c'est le pH qui stabilise les protéines en les amenant à leur point isoélectrique. Le lait de vache frais a un pH d'environ 6,7 (**Kouamé-Sina, 2010**). **Bosset et al., (2000)**, rapporte qu'un lait normal de chèvre à la sortie de la mamelle est proche de la neutralité et a un pH de 6,5 qui peut varier jusqu'à 6,7, et d'après **Remeuf et al., (1989)**, le pH du lait de cette espèce se situe entre 6,45 et 6,90 avec une moyenne de 6,7 différant peu du pH moyen du lait bovin qui est de 6,6 (**Remeuf et al., 1989, Le Jaouen et al., 1990**).

3.3. Acidité

L'acidité du lait est une notion essentielle pour l'industrie laitière, car elle permet d'évaluer l'état de conservation du lait. Elle est exprimée en degrés Dornic (°D), qui correspond à la teneur en acide lactique, où 1 °D équivaut à 0,1 g d'acide lactique.

L'acidité du lait est principalement due à la présence de protéines, en particulier les caséines et la lactalbumine, ainsi que de substances minérales telles que les phosphates, le CO₂ et les acides organiques, généralement l'acide citrique. Un lait frais présente une acidité d'environ 18°D (**Vignola, 2002**).

Le lait de chèvre a une acidité assez stable pendant la lactation (**Veinoglou et al., 1982**), elle est comprise entre 19 à 22°D (**Gaddour et al., 2013**). L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait, car elle est une conséquence de et la durée de conservation (**Mahieddine et al., 2017**).

3.4. Point d'ébullition

Le point d'ébullition est défini comme la température à laquelle la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution est égale à la pression externe appliquée. De la même manière que le point de congélation, le point d'ébullition est influencé par la présence de solides dissous. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit environ 100,5°C (**Amiot et al., 2002**).

3.5. Point de congélation

Le point de congélation correspond à la température à laquelle une substance passe de l'état liquide à l'état solide (**ABOUTAYEB, 2011**).

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure en raison de la présence de solides dissous qui abaissent cette température (**Neville et Jensen, 1995**). Il s'agit d'un paramètre particulièrement stable du lait, mesuré à l'aide d'un cryoscope (**Amiot et al., 2002**). Le lait de chèvre présente un point de congélation de -0,583 °C, légèrement plus bas que celui du lait de vache, qui est de -0,555 °C (**Benyoub, 2016**). De manière générale, toute modification de la composition du lait ou tout traitement qu'il subit peut entraîner une variation de ce paramètre (**Mathieu, 1997**). Par exemple, une élévation anormale du point de congélation au-delà des valeurs de référence peut indiquer une addition frauduleuse d'eau, appelée mouillage (**Mahaut et al., 2000 ; Amiot et al., 2002**).

4. Les facteurs influençant la composition du lait

La composition du lait varie sous l'influence de plusieurs facteurs. Ces derniers peuvent être liés à l'animal, tels que les facteurs génétiques, le stade de lactation et l'état sanitaire, ou être d'origine externe, incluant la conduite d'élevage, la saison, le climat, l'alimentation, l'hygiène et les pratiques de traite (**COLLECTIF, 2018**).

4.1. Facteurs intrinsèques

4.1.1. Les facteurs génétiques

Les facteurs génétiques influencent davantage la composition chimique du lait que son volume de production. Le coefficient d'héritabilité des teneurs en matières grasses et en protéines se situe entre 0,45 et 0,70, tandis que celui de la quantité de lait est d'environ 0,25. Ainsi, la sélection sur les taux de composants du lait est relativement efficace, bien que limitée à leur plage de variation, et elle s'avère plus efficace pour le taux butyreux que pour le taux protéique. De manière générale, les races les plus productives en lait affichent des taux de matières grasses et de protéines plus faibles. C'est pourquoi les éleveurs privilégient souvent les races à forte production laitière au détriment de celles dont le lait est plus riche en composants. Le choix d'une race repose sur une évaluation économique globale, intégrant non seulement la composition du lait, mais aussi des critères tels que la fertilité et l'aptitude bouchère (KAOUCHE, 2019).

4.1.2. L'âge

L'âge est un facteur majeur de variation de la production laitière, se classant en deuxième position après la saison. Le lait des jeunes chèvres présente généralement une teneur en matières grasses plus élevée que celui des chèvres plus âgées. La production laitière atteint son maximum à l'âge de 4 ans, lorsque les chèvres ont atteint leur poids corporel adulte. L'effet de l'âge ou du rang de lactation est cependant difficile à évaluer. Toutefois, selon les auteurs, il reste relativement faible : au cours des quatre premières lactations, une diminution de 1 % du taux butyreux et de 0,6 % du taux protéique a été rapportée (DEBRY, 2001 ; SOLAIMAN, 2010 ; KAOUCHE, 2019).

4.1.3. Le stade de lactation

La production laitière des chèvres commence à un niveau relativement élevé après la mise-bas, puis continue d'augmenter pour atteindre un pic environ 3 à 4 semaines plus tard. Une évolution similaire est observée chez les vaches laitières, avec un pic autour de la 36^e semaine. Après cette phase de production élevée, la quantité de lait se maintient pendant quelques semaines avant de diminuer progressivement jusqu'à la fin de la lactation (SINHA, 2007). Les teneurs en matières grasses, en matières sèches non grasses et en protéines du lait de vache sont élevées en début de lactation, puis diminuent rapidement pour atteindre

un minimum entre le deuxième et le troisième mois, avant d'augmenter à nouveau en fin de lactation. Il existe ainsi une relation inverse entre le volume de lait produit et la concentration de ces composants. Chez la chèvre, les teneurs en matières grasses et en protéines diminuent du début de la lactation jusqu'au quatrième ou cinquième mois, se stabilisent à un niveau bas pendant une durée variable, puis augmentent en fin de lactation. Quant à la teneur en lactose dans le lait de chèvre et de vache, elle présente quelques variations tout au long de la lactation : elle est initialement basse, augmente au milieu de la lactation, puis diminue de nouveau en fin de lactation (**SINHA, 2007**).

4.1.4. Numéro de lactation

La production laitière atteint son maximum à la troisième lactation, puis commence à diminuer à partir de la cinquième (**Gaillon et Sigwald, 1998**). Selon **Pougheon et Goursaud (2001)**, au cours des quatre premières lactations, le taux de matière grasse et le taux protéique varient peu en fonction de l'âge.

4.1.5. L'état sanitaire

D'une manière générale, les problèmes de santé affectant la production laitière peuvent indirectement modifier la composition du lait. En cas d'infection mammaire, les cellules de l'épithélium sécrétoire peuvent être altérées voire détruites, tandis que la perméabilité vasculaire et tissulaire augmente. Ces deux phénomènes entraînent une réduction de la capacité de synthèse du lait ainsi qu'un passage accru d'éléments sanguins dans le lait (**KAUCHE, 2019**).

Un indicateur largement accepté de la santé de la mamelle est le comptage des cellules somatiques dans le lait. Toutefois, la sécrétion lactée diffère selon l'espèce : elle est de type apocrine chez la chèvre et mérocrine chez la vache. Cette particularité explique pourquoi le lait de chèvre peut présenter des taux élevés de cellules somatiques, en particulier en fin de lactation ou lors des derniers prélèvements, sans pour autant être nécessairement lié à une mammite (**GETANEH et al., 2016**).

4.2. Facteurs extrinsèques

4.2.1. L'alimentation

L'alimentation joue un rôle déterminant dans la variation de la qualité physico-chimique du lait, influençant sa composition en fonction du type d'aliments distribués ainsi que de leur mode de présentation et de distribution. Elle impacte particulièrement les propriétés

nutritionnelles du lait, notamment le profil des acides gras, la matière grasse étant la Composante la plus affecté par la quantité et la nature des graisses alimentaires consommées (**KAUCHE, 2019**). Afin de maintenir un équilibre entre le taux butyreux (TB) et le taux protéique (TP), il est essentiel de respecter certaines pratiques alimentaires. Les transitions alimentaires doivent être progressives pour éviter un déséquilibre nutritionnel, car un bilan énergétique négatif prolongé entraîne une hausse du TB et une baisse du TP. De plus, l'intégration d'éléments fibreux sous forme non broyée dans la ration contribue à l'augmentation du TB, puisque la cellulose contenue dans les fourrages est responsable de la production des acides gras du lait. Ainsi, la proportion de fourrage dans la ration doit être supérieure à 30 %. Par ailleurs, il est recommandé d'éviter les rations trop riches en amidon, issu des céréales, qui peuvent provoquer une diminution du TB. Un apport suffisant en matières grasses, estimé à 1 g par kg de poids vif, est également nécessaire pour prévenir toute chute du TB. Enfin, il est important de maîtriser l'utilisation des aliments pouvant influencer la composition du lait, comme l'herbe jeune, l'ensilage ou la betterave, afin d'éviter des variations indésirables (**PRADAL, 2012**). En revanche, l'apport en matières azotées a peu d'impact sur le TP, à condition que les besoins journaliers en protéines soient couverts. Ce paramètre est principalement déterminé par des facteurs génétiques et dépend davantage de l'apport énergétique de la ration que de son contenu en matières azotées (**PRADAL, 2012**).

4.2.2. Les facteurs climatiques et saisonniers

La composition du lait varie en fonction des saisons, notamment en hiver, en été et durant la saison des pluies. En hiver, le lait est généralement plus riche en solides, ce phénomène étant lié à la disponibilité et à la qualité des aliments et fourrages consommés durant cette période. Les matières grasses et les solides non gras atteignent leur niveau le plus élevé en hiver et sont les plus faibles en été (**TALWAR et al., 2015**).

L'élevage naturel entraîne généralement un rafraîchissement des chèvres au début du printemps, bien que certaines pratiques d'élevage artificiel permettent d'assurer une production laitière tout au long de l'année. Les variations saisonnières de la composition du lait sont étroitement liées aux stades de lactation et participent aux fluctuations globales des constituants de lait observées au cours du cycle de production (**SINHA, 2007**).

4.2.3. La traite

Le nombre de traites quotidiennes influence la composition du lait. Selon **Wattiaux (2007)**, passer de deux à trois traites par jour peut augmenter la production de 10 à 20 % sans altérer sa composition, car la récolte plus fréquente empêche l'élévation de la pression interne de la glande mammaire. En revanche, réduire la fréquence à une seule traite par jour entraîne une baisse de la production laitière, tout en augmentant la teneur en matières grasses et en protéines (**Lollivier *et al.*, 2002**).

Partie expérimentale

1. Objectifs de l'étude

Notre étude vise à :

- Évaluer la qualité physico-chimique du lait de chèvre produit dans différentes localités de la wilaya de Tizi Ouzou.
- Étudier l'effet du stade de lactation sur les caractéristiques physico-chimiques du lait
- Comparer les résultats obtenus aux normes de qualité nationales et internationales afin d'apprécier le niveau de conformité du lait analysé.

2. Cadre de l'étude

Notre étude a été réalisée dans la wilaya de Tizi Ouzou, située au nord de l'Algérie, en région kabyle, à environ 100 km à l'est d'Alger. Elle s'est étalée sur une période de trois mois, allant du mois d'avril au mois de juin 2025. Durant cette période, plusieurs visites ont été effectuées afin de prendre contact avec les éleveurs et de conduire des enquêtes de terrain. Ces démarches visaient à sélectionner des exploitations caprines sur la base de critères définis, tels que l'accessibilité des fermes et la disponibilité des éleveurs à participer à l'étude.

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériels

3.1.1. Matériel biologique

Lait à analyser (86 échantillons de lait de chèvres adultes à différents stades de lactation)

3.1.2. Matériel non biologique

- Analyseur de lait Lactoscan
- pH-mètre électronique
- Burette graduée (20 ml)
- Éprouvettes graduées (10 ml)
- Centrifugeuse Gerber

- Bain-marie chauffé à 65 °C
- Pipette graduée
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,01 N
- Phénolphtaléine
- Alcool iso-amylque
- Eau distillée
- Pots de prélèvement stériles
- Gants à usage unique
- Chiffons
- Désinfectants
- Butyromètre pour lait
- Bouchons en caoutchouc

3.2. Méthodes

3.2.1. Choix des élevages

Avant le début de notre étude, plusieurs visites de terrain ont été effectuées dans la région afin de prendre contact avec les éleveurs et de réaliser des enquêtes préliminaires. L'objectif de ces démarches était de sélectionner des élevages répondant à certains critères, notamment la facilité d'accès aux exploitations et la disponibilité des éleveurs à collaborer. Au terme de cette phase préparatoire, seuls cinq élevages ont accepté de participer à l'étude.

3.2.2. Visites

Des visites régulières ont été effectuées dans les élevages sélectionnés afin de réaliser les prélèvements de lait de chèvre nécessaires à l'étude. Le calendrier des visites ainsi que le nombre de prélèvements réalisés lors de chaque intervention sont présentés dans le tableau n°04.

Tableau 04 :Calendrier des prélèvements réalisés

Date de prélèvement	Race	Prélèvement de lait
21/04/2025	Saanen	03
23/04/2025	Saanen	06
27/04/2025	Saanen	40
28/04/2024	Mixte (Saanen, naine de Kabylie)	30
01/05/2025	Alpine	07
Total		86

3.2.3. Prélèvement du lait

Le lait a été prélevé dans des flacons propres, après un lavage des trayons à l'eau claire et l'élimination des premiers jets. Les échantillons ont été identifiés, puis transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire de la fromagerie Le Fermier, située à Draâ Ben Khedda, où les analyses physico-chimiques ont été réalisées le jour même.

3.3. Méthodes d'analyse physico-chimique

3.3.1. Analyse des composants du lait à l'aide du Lactoscan

L'analyseur Lactoscan est un appareil à technologie ultrasonique permettant une mesure rapide, fiable et simultanée de plusieurs paramètres physico-chimiques du lait. Il présente l'avantage de ne nécessiter ni réactifs chimiques, ni préparations complexes, ce qui facilite son utilisation en routine.

Les principaux paramètres analysés par l'appareil sont les suivants :

- **F** : teneur en matière grasse (%)
- **P** : protéines (%)
- **L** : lactose (%)
- **S** : extrait sec total (%)
- **D** : densité (g/cm³)
- **W** : taux estimé d'eau ajoutée (%)

Avant chaque série d'analyses, le Lactoscan a été calibré conformément aux recommandations du fabricant, afin de garantir la précision et la reproductibilité des mesures. Les échantillons ont été analysés à température ambiante, après homogénéisation par un léger brassage manuel.

Protocole d'utilisation du Lactoscan

- L'appareil est d'abord mis en marche en appuyant sur le bouton d'allumage. Un temps d'attente de quelques secondes est observé jusqu'à ce que l'appareil soit prêt à fonctionner.
- L'échantillon de lait de chèvre est prélevé, puis agité manuellement pendant quelques secondes afin d'assurer une homogénéisation complète. Cette étape permet d'éviter la séparation des constituants, notamment la matière grasse.
- Une quantité suffisante de lait homogénéisé est ensuite versée dans un pot propre destiné à alimenter l'analyseur.
- Le tuyau d'aspiration de l'appareil est introduit dans le pot contenant le lait, puis la commande d'analyse est lancée en appuyant sur le bouton « OK ».
- Le lait est automatiquement aspiré par l'appareil, les paramètres physico-chimiques sont mesurés, et les résultats s'affichent en quelques secondes.
- À la fin de chaque analyse, un nettoyage du système est effectué afin d'assurer la précision des mesures ultérieures :
 - Un second récipient contenant de l'eau distillée est préparé.
- Le tuyau d'aspiration est placé dans ce récipient, puis une nouvelle aspiration
- On place le tuyau de l'appareil dans ce pot, puis on lance une nouvelle aspiration. L'eau va circuler dans le système interne de l'appareil, ce qui permet d'éliminer les résidus de lait. Les liquides usés (lait et eau) sont ensuite rejetés automatiquement dans le récipient prévu à cet effet



Figure10 : Lactoscan(photo personnelle)

3.3.2. Mesure du pH

La mesure du pH a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre électronique. Avant chaque série de mesures, l'appareil a été étalonné à l'aide de solutions tampons standards (pH 4,00 et pH 7,00).

Protocole

Pour mesurer le pH du lait, nous avons utilisé un **pH-mètre électronique de laboratoire**, qui permet une mesure précise et fiable. La méthode s'est déroulée comme suit :

- **Étalonnage de l'appareil** : Avant chaque série de mesures, le pH-mètre a été calibré à l'aide de deux solutions tampons standards (pH 4,00 et pH 7,00) pour garantir l'exactitude des résultats.
- **Préparation de l'échantillon** : Le lait a été homogénéisé manuellement afin d'assurer une bonne représentativité. La température du lait a été laissée à température ambiante (environ 20 °C), car le pH est sensible à la température.
- **Mesure** : L'électrode du pH-mètre a été plongée dans le lait, et la lecture a été prise une fois la valeur stabilisée sur l'écran de l'appareil.
- **Nettoyage** : Après chaque mesure, l'électrode a été essuyer avec un papier pour éviter toute contamination entre les échantillons.

3.3.3. Détermination de l'acidité

L'acidité du lait a été mesurée par la méthode volumétrique classique de Doronic, qui consiste à titrer les acides du lait par une solution de soude à concentration de 0,01 N en présence d'un indicateur coloré.

Protocole de dosage

- Un volume de 10 ml de lait est versé dans un bécher propre et sec.
- Trois gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées en tant qu'indicateur coloré.
- Une burette est remplie avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,01 N.
- La solution de soude est ajoutée progressivement au lait, sous agitation douce, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle stable.
- Le volume de NaOH consommé est relevé au moment du virage, puis noté pour le calcul de l'acidité.

Calcul de l'acidité

L'acidité du lait est exprimée en **degrés Dornic (°D)** selon la formule suivante :

$$\text{Acidité } (^\circ\text{D}) = V \times 10$$

Où :

- **V** représente le volume (en millilitres) de soude (NaOH 0,01 N) consommé à l'équivalence.

3.4. Analyse de la matière grasse par la méthode de Gerber (pour la certitude)

La méthode de Gerber permet de déterminer la teneur en matières grasses du lait de manière rapide, simple et fiable. Elle repose sur la dissolution des protéines par l'acide sulfurique, suivie d'une séparation des graisses par centrifugation, qui sont ensuite mesurées directement dans un butyromètre.

Mode opératoire

1. Ajout de l'acide sulfurique

Un volume de 10 ml d'acide sulfurique concentré est introduit dans le butyromètre à l'aide d'une pipette.

L'acide est manipulé avec précaution (port de gants, lunettes de protection, et travail sous Hotte recommandé), car il permet la dissolution de la caséine et libère les globules gras pour leur séparation ultérieure.

2. Ajout du lait

Un volume précis de 10,75 ml de lait est ajouté lentement le long de la paroi interne du butyromètre, afin d'éviter un mélange brutal avec l'acide. Cette précision est essentielle pour garantir une lecture fiable sur l'échelle du butyromètre.

3. Ajout de l'alcool iso-amylque

Un millilitre d'alcool iso-amylque est ensuite ajouté à l'échantillon. Ce réactif empêche la formation de mousse et facilite l'observation de la couche grasse.

4. Fermeture et homogénéisation

Le butyromètre est fermé hermétiquement à l'aide d'un bouchon en caoutchouc, puis le contenu est mélangé par agitation douce pour assurer une répartition homogène des réactifs.

5. Centrifugation

Le butyromètre est placé dans une centrifugeuse de type Gerber, puis centrifugé pendant 5 minutes à une vitesse comprise entre 1 100 et 1 200 tours par minute. Cette étape permet la séparation des globules gras, qui s'accumulent dans la partie supérieure de l'appareil.

6. Chauffage au bain-marie

Les butyromètres sont ensuite plongés dans un bain-marie à 65 °C pendant 5 minutes. Ce chauffage fluidifie la matière grasse, permettant une lecture plus nette et plus homogène.

7. Lecture du résultat

La hauteur de la colonne de graisse est lue directement dans la partie supérieure du butyromètre.

Le résultat est exprimé en pourcentage de matières grasses (% MG).



Figure 11 : Les butyromètres (photo personnelle)

4. Résultats

Résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre

Résultat global des analyses physico-chimiques du lait de chèvre

Le résultat global des analyses physico-chimiques du lait de chèvre est résumé dans le tableau 05

Tableau05 : résultat des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques du lait de chèvre

Paramètres analysés	N=78 Moyenne $\pm$ écart type
Matière sèche	11.70 $\pm$ 1.67
Solides non gras	8.36 $\pm$ 1.29
Matières grasses	3.31 $\pm$ 1.44
Protéines	3.12 $\pm$ 0.25
Lactose	4.60 $\pm$ 0.24
Sels	0.70 $\pm$ 0.05
Densité	29.95 $\pm$ 1.63
Point de congélation	-0.53 $\pm$ 0.04
Eau ajoutée	0.75 $\pm$ 1.16

Le tableau présente les résultats moyens des analyses physico-chimiques du lait de chèvre sur un effectif de 78 échantillons. La matière sèche est de $11,70 \pm 1,67 \%$, ce qui reflète un lait modérément concentré, en accord avec les valeurs généralement observées dans le lait de

Chèvre cru. Les solides non gras, à $8,36 \pm 1,29 \%$, confirment une bonne proportion de constituants hydrosolubles, notamment les protéines, le lactose et les sels minéraux.

La teneur en matières grasses est de $3,31 \pm 1,44 \%$, ce qui se situe dans les normes pour le lait de chèvre, bien que l'écart type indique une certaine variabilité entre les échantillons. Les protéines atteignent une moyenne de $3,12 \pm 0,25 \%$, traduisant une bonne qualité nutritionnelle. Le lactose, à $4,60 \pm 0,24 \%$, reste stable et témoigne d'une sécrétion lactée normale, sans perturbation osmotique.

La teneur en sels est de $0,70 \pm 0,05 \%$, valeur cohérente avec les standards du lait caprin. La densité, est à $1,0295 \pm 0,0013$ (soit environ $1,02995 \text{ g/cm}^3$), se situe dans la plage normale, ce qui confirme une composition équilibrée du lait. Le point de congélation, de $-0,53 \pm 0,04 \text{ }^\circ\text{C}$, est typique d'un lait non altéré, sans ajout d'eau.

Enfin, la teneur en eau ajoutée reste faible ($0,75 \pm 1,16 \%$), ce qui suggère une bonne qualité des échantillons et l'absence de dilution frauduleuse dans la majorité des cas.

Effet des facteurs de variations sur les caractéristiques physico-chimiques

Effet de la parité

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait en fonction de la parité sont résumés dans le tableau 06

Tableau06 : Résultat comparatif des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques chez les primipares et multipares

Paramètres analysés	Primipares N=19 Moyenne $\pm$ écart type	Multipares N=59 Moyenne $\pm$ écart type	Valeur P	Interprétation
Matière sèche	11,58 $\pm$ 2,08	11.74 $\pm$ 1.51	0.0569 .	NS
Solides non gras	8,52 $\pm$ 0,51	8.15 $\pm$ 1.36	0.239	NS
Matières grasses	3.05 $\pm$ 1.73	3.39 $\pm$ 1.34	0.368	NS
Protéines	3,13 $\pm$ 0,19	3.06 $\pm$ 0.15	0.0709	NS
Lactose	4.69 $\pm$ 0.28	4.57 $\pm$ 0.22	0.0543	NS
Sels	0,70 $\pm$ 0,04	0,68 $\pm$ 0,03	0.0569	NS
Densité	30,72 $\pm$ 1,38	30,19 $\pm$ 2,32	0.0062	NS
Point de congélation	-0,54 $\pm$ 0,04	-0.53 $\pm$ 0.03	0.127	NS
Eau ajoutée	0.40 $\pm$ 0.90	0.86 $\pm$ 1.21	0.129	NS

P<0.05 : Différence significative.

P>0.05 : Différence non significative

L'analyse comparative des échantillons de lait issus de chèvres primipares et multipares révèle une variation modérée des paramètres physico-chimiques selon la parité, sans atteindre de seuil de signification statistique ($P > 0,05$) pour la majorité des critères analysés.

La **matière sèche** est légèrement plus élevée chez les multipares (11,74 $\pm$ 1,51 %) par rapport aux primipares (11,58 $\pm$ 2,08 %), avec une valeur P proche du seuil de signification ($P = 0,0569$). Cette tendance peut s'expliquer par la plus grande maturité physiologique des multipares, qui peut favoriser une meilleure capacité de synthèse des constituants solides du lait.

La moyenne des **solides non gras** est plus élevée chez les primipares (8,52 $\pm$ 0,51 %) que chez les multipares (8,15 $\pm$ 1,36 %), bien que la différence ne soit pas significative ($P = 0,239$). Cela pourrait traduire une légère dilution des composés hydrosolubles chez les multipares, éventuellement liée à une production laitière plus abondante.

Concernant les **matières grasses**, on observe une teneur plus importante chez les multipares (3,39 $\pm$ 1,34 %) comparées aux primipares (3,05 $\pm$ 1,73 %), ce qui pourrait résulter d'une meilleure mobilisation des réserves corporelles ou d'une régulation plus efficace du

Métabolisme lipidique chez les animaux expérimentés. Toutefois, la variation n'est pas significative ($P = 0,368$).

Les **protéines** sont également légèrement supérieures chez les primipares ($3,13 \pm 0,19 \%$) par rapport aux multipares ($3,06 \pm 0,15 \%$), mais la différence reste statistiquement non significative ($P = 0,0709$). Cette stabilité protéique pourrait refléter une régulation mammaire bien conservée indépendamment du nombre de lactations.

Le **lactose**, principal glucide du lait, montre une concentration légèrement plus élevée chez les primipares ($4,69 \pm 0,28 \%$) que chez les multipares ($4,57 \pm 0,22 \%$), avec une valeur P de $0,0543$. Bien que non significative, cette tendance pourrait refléter une production lactée moins abondante mais plus concentrée chez les primipares.

La **teneur en sels** est pratiquement identique entre les deux groupes, à savoir $0,70 \pm 0,04 \%$ chez les primipares et $0,68 \pm 0,03 \%$ chez les multipares, traduisant un équilibre ionique maintenu quel que soit le rang de lactation.

La **densité** du lait est légèrement plus élevée chez les primipares ($30,72 \pm 1,38$) que chez les multipares ($30,19 \pm 2,32$), avec une différence statistiquement significative ($P = 0,0062$). Cette différence peut être associée à une concentration plus importante des constituants non lipidiques dans le lait des primipares, ou à une production laitière globalement moins volumineuse, induisant une moindre dilution.

Le **point de congélation**, très similaire entre les deux groupes ($-0,54 \pm 0,04 ^\circ\text{C}$ chez les primipares contre $-0,53 \pm 0,03 ^\circ\text{C}$ chez les multipares), ne présente pas de différence significative ($P = 0,127$), ce qui traduit une stabilité osmotique du lait indépendamment de la parité.

Enfin, la **teneur en eau ajoutée**, bien que légèrement plus élevée chez les multipares ($0,86 \pm 1,21 \%$) que chez les primipares ($0,40 \pm 0,90 \%$), ne révèle pas de différence significative ($P = 0,129$). Cela suggère une bonne maîtrise des conditions de traite et de collecte dans les deux groupes.

Partie expérimentale

Effet du stade de lactation

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait en fonction de stade de lactation sont résumés dans le tableau 07

Tableau07 : Résultat comparatif des valeurs moyennes des paramètres physicochimiques en fonction de stade de lactation

Paramètres analysés	Début de lactation N = 70 — Moyenne $\pm$ Écart-type	Milieu de lactation N = 2 — Moyenne $\pm$ Écart-type	Fin de lactation N = 6 — Moyenne $\pm$ Écart-type	Valeur P	Interprétation
Matière sèche (%)	11,71 $\pm$ 1,64	10,58 $\pm$ 1,36	13,87 $\pm$ 0,42	0.0587	NS
Solides non gras (%)	8,38 $\pm$ 0,44	6,68 $\pm$ 4,13	7,98 $\pm$ 0,34	0.00349	S
Matières grasses (%)	3,33 $\pm$ 1,37	2,14 $\pm$ 1,12	5,89 $\pm$ 0,08	0.00424	S
Protéines (%)	3,08 $\pm$ 0,16	3,04 $\pm$ 0,17	2,95 $\pm$ 0,13	0.467	NS
Lactose (%)	4.61 $\pm$ 0.24	4,56 $\pm$ 0,25	4,38 $\pm$ 0,18	0.385	NS
Sels (%)	0,69 $\pm$ 0,04	0,68 $\pm$ 0,04	0,65 $\pm$ 0,03	0.334	NS
Densité (g/cm ³)	29,99 $\pm$ 1,49	30,67 $\pm$ 1,92	26,26 $\pm$ 1,27	0,00245	S
Point de congélation (°C)	-0,53 $\pm$ 0,04	-0,52 $\pm$ 0,03	-0,52 $\pm$ 0,02	0.585	NS
Eau ajoutée (%)	0,69 $\pm$ 1,13	1,33 $\pm$ 1,46	0,91 $\pm$ 1,29	0.434	NS

P<0.05 : Différence significative.

P>0.05 : Différence non significative.

L'analyse statistique des résultats a révélé que le stade de lactation exerçait une influence variable sur les paramètres physico-chimiques du lait de chèvre. Certaines caractéristiques ont été significativement modifiées au cours de la lactation, tandis que d'autres sont restées relativement stables. Ces variations traduisent les effets physiologiques liés à l'avancement de la lactation.

La teneur en matière sèche a montré une augmentation progressive du début (**11,71 $\pm$ 1,64 %**) vers la fin de lactation (**13,87 $\pm$ 0,42 %**). Bien que cette différence ne soit pas significative (**P = 0,0587**), elle indique une tendance à la concentration des éléments solides du lait, probablement liée à la baisse du volume de lait produit en fin de lactation.

Pour les solides non gras, une variation significative a été observée ($P = 0,00349$). Leur teneur a diminué au milieu de lactation ($6,68 \pm 4,13 \%$) avant d'augmenter à nouveau en fin de Lactation ($7,98 \pm 0,34 \%$), par rapport au début ($8,38 \pm 0,44 \%$). Cette fluctuation pourrait être due à une modification du métabolisme de l'animal et des composants hydrosolubles du lait.

La teneur en matières grasses a également varié de manière significative ($P = 0,00424$). Une baisse a été notée au milieu de lactation ($2,14 \pm 1,12 \%$), suivie d'une forte augmentation en fin de lactation ($5,89 \pm 0,08 \%$). Cette évolution peut s'expliquer par la mobilisation des réserves corporelles et la baisse de production, ce qui entraîne une concentration en lipides. En revanche, les protéines sont restées relativement stables tout au long de la lactation ($P = 0,467$), avec des valeurs proches de 3% . Cela montre que la synthèse des protéines dans la glande mammaire n'a pas été influencée de manière importante par le stade de lactation.

Le lactose, principal sucre du lait, n'a pas été significativement affecté ($P = 0,385$), bien qu'une légère baisse ait été constatée en fin de lactation ($4,38 \pm 0,18 \%$). Cette stabilité pourrait s'expliquer par le rôle essentiel du lactose dans la régulation osmotique du lait.

De même, la teneur en sels minéraux est restée stable ($P = 0,334$), malgré une légère diminution en fin de lactation. Cette constance indique que l'équilibre ionique du lait caprin a été maintenu tout au long de la lactation.

Concernant la densité, une variation significative a été notée ($P = 0,00245$), avec une baisse en fin de lactation ($26,26 \pm 1,27 \text{ g/cm}^3$). Cette diminution peut être liée à l'augmentation de la matière grasse, qui est moins dense que l'eau.

Le point de congélation n'a pas montré de variation significative ($P = 0,585$), ce qui reflète une stabilité de la concentration en solutés dans le lait, quel que soit le stade de lactation.

Enfin, la teneur en eau ajoutée a connu quelques variations, mais sans différence significative ($P = 0,434$). Cela montre une bonne qualité de collecte du lait, sans ajout d'eau frauduleux.

5.Discussion

L'analyse des résultats obtenus dans cette étude, menée dans la wilaya de Tizi Ouzou sur plusieurs races caprines (Saanen, Alpine, race améliorée et croisée Naine de Kabylie × Saanen), a révélé que le **stade de lactation** exerce une influence notable sur la composition

physico-chimique du lait de chèvre. En effet, les moyennes enregistrées pour plusieurs paramètres varient en fonction de l'avancement de la lactation.

La **matière sèche** a présenté une évolution caractéristique, avec des valeurs croissantes du début (11,71 %) à la fin de la lactation (13,87 %). Cette tendance s'explique par une baisse du volume de lait produit en fin de lactation, entraînant une concentration des constituants solides, notamment les lipides. Ce phénomène est bien documenté dans la littérature, où il est souvent associé à une réduction de l'eau dans le lait en fin de lactation (**Benyoub 2016**).

La teneur relativement élevée en matière sèche observée également en début de lactation pourrait être attribuée à la présence de colostrum, riche en protéines et immunoglobulines. Bien que transitoire, cette phase peut influencer la composition du lait des premiers jours suivant la mise- bas. À l'inverse, au **milieu de la lactation**, les moyennes sont généralement plus faibles, traduisant une production plus abondante mais plus diluée, comme observé pour la matière grasse et les solides non gras. Ce comportement est classique chez les petits ruminants (**Tennah & Bouzair, 2019**).

En ce qui concerne la **matière grasse**, on observe une diminution au milieu de lactation, suivie d'une augmentation nette en fin de période. Cette variation pourrait être liée à la mobilisation des réserves corporelles, conjuguée à une baisse de la sécrétion lactée, ce qui concentre les lipides dans le lait. Les résultats de **Guerrada (2022)**, obtenus sur différentes races caprines à M'Sila, rejoignent nos observations, avec des taux de matière grasse moyens de 3,90 g/L, atteignant des pics supérieurs à 6 g/L.

La **densité** du lait, qui reflète indirectement sa richesse en constituants secs, suit également cette dynamique. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par **Guerrada (2022)** à Ghardaïa et **Vierling (2008)**, qui rapportent des densités comprises entre 1029 et 1033. Ces similitudes soulignent l'influence du type de conduite, notamment l'alimentation. En effet, l'accès limité à l'eau pour les animaux pâturant en milieu forestier à Yakouren pourrait induire une légère déshydratation, favorisant une concentration du lait (**Ali Saoucha 2017**).

S'agissant de l'**effet de la parité**, les résultats n'ont révélé aucune différence significative pour la majorité des paramètres entre les **primipares** et les **multipares**, à l'exception de la densité, légèrement plus élevée chez les primipares. Cela pourrait s'expliquer par un volume de production plus faible chez ces dernières, entraînant une moindre dilution des constituants. Ces résultats suggèrent que, dans nos conditions expérimentales, le rang de lactation n'a pas eu d'impact marqué sur la qualité physico-chimique du lait.

Conclusion

L'étude menée sur la qualité physico-chimique du lait de chèvre dans la wilaya de Tizi Ouzou a permis de mettre en évidence l'effet du stade de lactation et de la parité sur les caractéristiques du lait. Les résultats ont montré que le **stade de lactation** influence de manière significative plusieurs paramètres, notamment la matière sèche, les solides non gras, la matière grasse et la densité. En fin de lactation, le lait devient plus concentré, traduisant une baisse de la production laitière accompagnée d'une augmentation relative des constituants solides. À l'opposé, le milieu de lactation est marqué par une production plus abondante mais plus diluée.

L'effet de la **parité** est apparu moins marqué. Aucune variation significative n'a été observée pour la plupart des paramètres entre primipares et multipares, à l'exception de la densité. Ces résultats suggèrent que la parité, dans les conditions de cette étude, n'influence que faiblement la composition du lait.

De manière générale, les résultats obtenues sont en accord avec les travaux antérieurs menés en Algérie, et confirment l'importance de facteurs tels que le stade physiologique, la race, l'alimentation et les conditions d'élevage dans la variation de la qualité du lait de chèvre.

Recommandation

- Renforcer la sensibilisation des éleveurs caprins à l'importance des bonnes pratiques d'hygiène lors de la traite et du stockage du lait, afin de préserver sa qualité physico-chimique.
- Intégrer la notion de stade de lactation dans la gestion de la collecte du lait, notamment en fin de lactation, période au cours de laquelle le lait présente une concentration plus élevée en matières solides.
- Mettre en place un suivi régulier de la qualité du lait à l'échelle des exploitations, à l'aide d'outils d'analyse accessibles comme le Lactoscan, pour garantir une maîtrise continue des paramètres de production.
- Encourager la formation des producteurs et des techniciens en matière de contrôle de la qualité du lait et de valorisation des produits laitiers caprins.

Perspectives

- Étendre l'étude aux aspects microbiologiques et hygiéniques du lait, afin d'obtenir une évaluation plus complète de sa qualité globale.
- Explorer l'impact de facteurs environnementaux tels que l'alimentation, le système d'élevage et les conditions climatiques sur la composition du lait.
- Comparer la qualité du lait entre les races locales (comme la Naine de Kabylie) et les races importées (Saanen, Alpine), dans une optique de conservation et de valorisation des ressources génétiques locales.
- Promouvoir le développement de microentreprises de transformation laitière en milieu rural, notamment pour la production artisanale de fromages et de yaourts, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et au développement local.

Références

Références bibliographiques

A

Aboutayeb, R., 2011.*Technologie du lait et dérivés laitiers. Composition, physico-chimie et microbiologie du lait.* [site web]<http://www.azaquar.com> (consulté le [ajouter date]).

Ahmed, M. I., El Zubeir, I. E. M., & El Owni, O. A. O. (2020).*Effect of breed, parity and lactation stage on milk composition of Sudanese Nubian goats.* Journal of Animal and Veterinary Advances, 19(1), 7–13.

Aissaoui, M., 2020.*Caractérisation morphologique des ressources génétiques caprines et suivi des performances de production d'un produit de croisement entre la race alpine et la race locale de la région aride de Biskra.* Thèse de doctorat, Département des Sciences Agronomiques, Université de Biskra, spécialité Protection et développement des espaces agropastoraux.

Alais, C., 1984.*Sciences du lait. Principes de techniques laitières.* Tome 1. Éditions Publicité.

Ali Saoucha, A. ,2017. Etude des caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre dans la région de M'Sila. Mémoire de fin d'études, université de M'Sila

Amadou Mammaane, M. (2012).*Conservation des races locales en Afrique du Nord.* FAO.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P. et Simpson, R., 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In : *Science et technologie du lait : transformation du lait.* Fondation de Technologie Laitière du Québec. Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, 600 p.

B

Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M. et Ouzrout, R., 2005. Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « Arabia et Kabyle ». *Sciences et Technologie*, 23, pp. 30–37.

Références

Barone, R., 1978.*Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome1 :Ostéologie et arthrologie.*2^{éd}., Vigot, paris, 497P

Barone, R., 2001. Mamelles. In : *Anatomie comparée des mammifères domestiques*, Tome IV, Splanchnologie II. 3^{ème} éd. Vigot, Paris, pp. 419–467.

Benhoucine, S., 2011. Étude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chèvre. (*Type de document et institution manquants — merci de préciser s'il s'agit d'un mémoire ou d'une thèse, et l'université concernée*).

Benyoub, K., 2016. Caractérisation morphométrique, typologie de l'élevage caprin et étude physico-chimique de son lait au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mémoire de Master en génétique, Université de Tlemcen, Algérie.

Bey, D. et Laloui, S., 2005. Les teneurs en cuivre dans les poils et l'alimentation des chèvres dans la région d'El-Kantra (Biskra). Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université de Batna, 60 p.

Bressou, C., 1978.*Anatomie régionale des animaux domestiques.* Tome II, Ruminants. 2^{ème} éd. J.B. Baillière, Paris.

Bidjeh, K., Boukhari, A., & Mehadji, H. (1991).*Production laitière et races caprines en Algérie.* INRA Algérie.

Bosset, J.O., Albrecht, B. et Badertscher, R., 2000.Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles du lait, des caillés et du fromage de chèvre de type Formaggini (Buexion, Robiola) et Foermagella. *Le Lait*, 95(5), pp. 546–580.

Barone, r. 2001. Chapitre IV : Mamelles. In : *Anatomie comparée des mammifèresdomestiques.* Tome IV. Splanchnologie II. Appareil uro-génital. Fœtus et ses annexes.

Péritoine et topographie abdominale. 3^{ème} édition. Vigot. Paris. pp. 419-467.

C

Camps, G., 1976. Les origines de la domestication dans le nord de l'Afrique. *Travaux du LAPMO*, Colloque d'élevage en Méditerranée occidentale, CNRS, Paris, pp. 49–66.

Références

Camps, G. (1976).*Les civilisations préhistoriques de l'Afrique du Nord*. Doin Éditeurs.

Caprigene, 2004.*Races caprines françaises*. Fédération France de Contrôle Laitier, France.

Chanokphat Phadungath, 2005. Casein micelle structure: a concise review. Characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, pp. 88–113.

Charlet, P. et Le Jaouen, J.C., 1976. Les populations caprines du bassin méditerranéen : aptitudes et évolution. *Options Méditerranéennes*, 6(35), pp. 45–55.

Chiche, J., 1999. Les effets des programmes d'encouragement à l'élevage sur la production des ovins et des caprins au Maroc. *Bulletin de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*

Chilliard, Y., 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. In : *Le lait de chèvre, un atout pour la santé*, actes du colloque, INRA, Niort, France, pp. 51–65.

Clark, S., & García, M. B. (2017).*A 100-Year Review: Advances in goat milk research*. Journal of Dairy Science, 100(12), 10026–10044.

Codex Alimentarius, 1999. Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie. *CODEX STAN 206-1999*, pp. 1–4.

Collectif, 2018.*Les prairies au service de l'élevage : comprendre, gérer et valoriser les prairies*. Educagri éditions, Dijon, France, 328 p.

Collin, J.C., Kokelaar, A., Rollet-Repecaud, O. et Delacoix-Buchet, A., 1991. Dosage des caséines du lait de vache par électrophorèse et par chromatographie liquide rapide d'échange d'ions (FPLC) : comparaison des résultats. *Le Lait*, 71, pp. 339–350.

D

Daviau, C., Famelart, M.H., Pierre, A., Goudedranche, H. et Maubois, J.L., 2000.Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Le Lait*, 80(4), pp. 397–415.

Références

Debry, G., 2001.*Lait, nutrition et santé*. Éditions Lavoisier Tec & Doc, Paris, France, 566 p.

Devendra, C. (2013).*Sustainable Goat Production in Adverse Environments*. Springer.

Dekkiche, Y., 1987. Étude des paramètres zootechniques d'une race caprine améliorée (Alpine) et deux populations locales (Makatia et Arbia) en élevage intensif dans une zone steppique (Laghouat). Thèse d'ingénieur agronome, INA El Harrach, Algérie.

Doyon, A., 2005. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre : revue des travaux récents. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13, pp. 685–688.

Dubeuf, J.-P., Morand-Fehr, P., & Rubino, R. (2004).*Situation, changes and future of goat industry around the world*. *Small Ruminant Research*, 51(2), 165–173.

E

El Marnissi, B., Belkhou, R. et Bennani, L., 2013. Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels marocains (Lben et Jben). *Les Technologies de Laboratoire*, 8(33).

Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J. et Meza-Herrera, C., 2013.Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health and Production*, 45(1), pp. 17–34.

Esperandieu, J., 1975.*Art animalier dans l'Afrique antique*. Imprimerie Officielle, 7 et 9 Rue Tollier, Alger, pp. 10–12.

F

Fantazi, K., 2004.*Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie : Cas de la vallée d'Oued Righ (Touggourt)*. Thèse de Magister, Institut National Agronomique (INA), Alger, 145 p.

FAO, 2002. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5 : laits fermentés. *Collection FAO : Alimentation et Nutrition*, 28, 7 p.

Références

FAO (2009).*The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture.* Rome.

Feliachi, K., 2003.*Rapport national sur les ressources génétiques animales : Algérie.* Commission National AnGR, INRAA, 46 p.

Fetherston, C.M., Lee, C. et Hartmann, P.E., 2001. Mammary gland defense: the role of colostrum, milk and involution secretion. In: *Advances in Nutritional Research*, vol. 10, chap. 8, pp. 167–198.

G

Gaddour, A., Najari, S., Abdennebi, M., Arroum, S. et Assadi, M., 2013.Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collecté localement dans les régions arides de la Tunisie. *Options Méditerranéennes*, A(108), pp. 151–154.

Gaillon, P. et Sigwald, J.P., 1998. Résultats de contrôle laitier des espèces bovines et caprines en France, 1997. Institut de l'Élevage, Paris.

Gaucheron, F., 2005.*(Référence incomplète — merci de préciser le titre de l'article ou ouvrage pour formatage complet.)*

Getaneh, G., Mebrat, A., Wubie, A. et Kendie, H., 2016.Review on goat milk composition and its nutritive value. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3, pp. 1–10.

Ghechoua, K. et Ghetas, S., 2015.Caractérisations phénotypiques des populations caprines dans la région d'Oued Righ (cas de la daïra de Témachine). Mémoire de Master Académique, Sciences de la Nature et de la Vie, spécialité : Agronomie, parcours Élevages en Zones Arides, Université [à préciser].

Grappin, R., Jeunet, R., Pillet, R. et Le Toquin, A., 1981. Étude des laits de chèvre : teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées. *Le Lait*, 61, pp. 117–133.

Références

GREDDAAL, 2003. Les espèces d'ovicaprinés d'Algérie. Groupe de Recherche et d'Études pour le Développement Durable, Algérie.

Guessas, H.M. et Semar, S., 1998. Réflexion sur la mise en place d'un centre géniteur caprin dans la région de Ghardaïa. Thèse d'ingénieur agronome, INA El Harrach, Alger.

Guerrada, S., 2022. Etude de la composition du lait de chèvre dans la région de Ghardaïa. Mémoire de master, Université de Ghardaïa

H

Hafid, N., 2006. L'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins. Mémoire de Magistère en Sciences Vétérinaires, Université de Batna, 101 p.

Haenlein, G. F. W. (2001). *Past, present, and future perspectives of small ruminant research.* Journal of Dairy Science, 84(E Suppl.), E1–E7.

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

Hellal, F., 1986. Contribution à la connaissance des races caprines algériennes : étude de l'élevage caprin en système extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord. Thèse d'Ingéniorat en Agronomie, École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El Harrach, Algérie, 78 p.

Hoden, P. et Coulon, H., 1991. Composition chimique du lait. [site web] <http://www.2.vet.lyon.fr> (consulté le [ajouter la date]).

Hurley, W.L., Grieve, R.C.J., Magura, C.E., Hegarty, H.M. et Zou, S., 1993. Electrophoretic comparison of lactoferrin from bovine mammary secretions, milk neutrophils, and human milk. *Journal of Dairy Science*, 76, pp. 377–387.

J

Références

Jeantet, R., Croyennec, T., Mahant, M., Schuck, P. et Brulé, G., 2008. *Les produits laitiers*. 2e éd. Paris : Tec & Doc, Lavoisier, pp. 1–9.

Jenot, F., Bossis, N., Cherbonnier, J., Fouilland, C., Guillon, M.P., Lauret, A., Letourneau, P., Poupin, B. et Reveau, A., 2000. Les taux de lait de chèvre et leur variation. *L'Éleveur de Chèvres*, no 7, 10 p.

K

Kabir, A., 2015. Contrainte de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière : constats et perspectives. Thèse de doctorat en sciences, spécialité microbiologie, Université d'Oran Ahmed Ben Bella, 141 p.

Kaouche, S., 2019. Facteurs de variation qualitative et quantitative de la production laitière. *Revue Agriculture*, 10(1), pp. 43–54.

Kerkhouche, K., 1979. Étude des possibilités de mise en place d'une chèvrerie à vocation fromagère dans la région de Draâ Ben Khedda : éléments de réflexion sur un projet d'unité caprine. Thèse d'ingénieur agronome, INA El-Harrach, Alger, 72 p.

Khelifi, Y., 1999. Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes. In: Rubino, R. et Morand-Fehr, P. (éds.), *Systems of Sheep and Goat Production: Organization of Husbandry and Role of Extension Services. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens*, 38, pp. 245–247.

Khelifi, N.A., 2015. Connaissance et caractérisation des populations caprines en Algérie. Thèse de doctorat en sciences vétérinaires, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie, [nombre de pages à compléter].

Kongo, J.M. et Malcata, F.X., 2016. Cheese: Chemistry and Microbiology. In: *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, pp. 735–740.

Kouamé-Sina, S., Bassa, A., Dadié, A., Kmakita, K., Grace, D., Dje, M. et Bonfoh, B., 2010. Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). (*source ou revue à préciser pour finalisation*).

Références

L

Lahrech, A., 2019. Aptitudes fromagères du lait de chèvres locales « Makatia, Arbia, M'Zab et naine de Kabylie » : étude des propriétés fonctionnelles des protéines laitières. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El-Harrach, Algérie.

Le Jaouen, J.C., 1986. Composition du lait et de nombreux facteurs. *La Chèvre*, 153, pp. 10–13.

Le Jaouen, J.C., Remeuf, F. et Lenoir, J., 1990. Données récentes sur le lait de chèvre et les fabrications de produits laitiers caprins. *XXIII International Dairy Congress*, 8–12 octobre, Montréal, Québec.

Leonil, J., Marchin, S., Henry, G., Jouanneau, D. et Putaux, J.-C., 2007. La caséine κ : quel rôle dans la structuration de la micelle de caséines ? *Colloque*, 5–8 juin, Grenoble, France.

Lollivier, V., Guinard-Flament, J., Ollivier-Bousquet, M. et Marnet, P.G., 2002. Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milking. *Reproduction Nutrition Development*, 42(2), pp. 173–186.

Lonnerdal, B.O., 1985. Biochemistry and physiological function of human milk proteins. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 42, pp. 1299–1317.

Lopez, M.B., Luna, A., Laencina, J. et Falagan, A., 1999. Cheese-making capacity of goat's milk during lactation: influence of stage and number of lactations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, pp. 1105–1111.

M

Références

- Madani, T., Sahraoui, H. et Benmakhlouf, H., 2015.**L'élevage caprin en Algérie : systèmes d'élevage, performances et mutations. In : *Workshop national sur la valorisation des races locales ovines et caprines à faibles effectifs*, 2–3 mars 2015, Alger, Algérie.
- Madani, T., Yakhlef, H. et Abbache, N., 2003.** Les races bovines, ovines, caprines et camelines. In : *Évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture*. Atelier n°3 : Biodiversité importante pour l'agriculture. MATE-GEF/PNUD, Projet ALG/97/G31, Tome 10, pp. 47–48.
- Mahaut, M., Jeantet, R., Schuck, P. et Brulé, G., 2000.***Les produits industriels laitiers*. Paris : Tec & Doc, Lavoisier, pp. 2–14.
- Mahé, M.F., Manfredi, E., Ricordeau, G., Piacere, A. et Grosclaude, F., 1993.** Effets du polymorphisme de la caséine α S1 caprine sur les performances laitières : analyse intra-descendance de boucs de race Alpine. *Genetic Science and Evolution*, 26, pp. 151–157.
- Mahé, S., 1996.** Valeur nutritionnelle du lait en alimentation humaine. In : *Le lait de chèvre, un atout pour la santé*, actes du colloque INRA, Niort, France, pp. 9–26.
- Mahieddine, B., Feknous, N., Farah, M., Dalichaouche, N., Ines, F., Lynda, T., Nadia, M. et Redouane, Z., 2017.** Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du nord-est algérien : essai de fabrication du fromage frais. *Algerian Journal of Natural Products*, 5, pp. 492–506.
- Manallah, I., 2012.** Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif. Thèse de Magister en Agronomie, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 63 p.
- Marnet, P.G., 1998.** Physiologie de l'éjection du lait et importance pour la lactation. *Rencontres Recherches Ruminants*, 5, pp. 313–320.
- Marnet, P.G. et McKusick, B.C., 2001.** Regulation of milk ejection and milkability in small ruminants. *Livestock Production Science*, 70, pp. 125–133.

Références

Marshall, K., 2004. Therapeutic applications of whey protein. *Alternative Medicine Review*, 2, pp. 136–156.

Martin, P., 1996. La composition protéique du lait de chèvre : ses particularités. In : *Le lait de chèvre, un atout pour la santé*, actes du colloque INRA, Niort, France, pp. 9–26.

Mathieu, J., 1997. *Initiation à la physico-chimie du lait*. École Nationale des Industries du Lait et des Viandes de la Roche-sur-Foron, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 220 p.

Meza-Nieto, M.A., Vallejo-Cordoba, B., Gonzalez-Cordova, A.F., Felix, L. et Goycoolea, M., 2006. Effect of β -lactoglobulin A and B whey protein variants on the rennet-induced gelation of skim milk gels in model reconstituted skim milk system. *Journal of Dairy Science*, 90, pp. 582–593.

Morgan, F., Massouras, V., Barbosa, M., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fistakoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G. et Raynal-Ljutovac, K., 2003. Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research*, 47, pp. 39–49.

Moula, N., Ait Kaki, A., Touzi, L., Farnir, F., Leroy, P. et Antoine-Moussiaux, N., 2017. Goat breeding in the rural district of Chemini (Algeria). *Nature et Technologies*.

Moula, N., et al. (2017). *La diversité génétique des races caprines algériennes : Enjeux et perspectives de valorisation*. Options Méditerranéennes, Série A, n°115.

N

Nessah, K. (2018). *Les systèmes d'élevage caprin en Algérie : état des lieux et perspectives*. Revue Agriculture et Développement, n°5.

Nessah, K. (2019). *Introduction des races caprines exotiques en Algérie : Avantages et risques*. INZV.

Neville, M.C. et Jensen, R.G., 1995. The physical properties of human and bovine milks. In: Jensen, R.G. (éd.), *Handbook of Milk Composition*. Academic Press, San Diego, pp. 82. (Ouvrage de 919 pages).

Références

O

Ould Eleya, M.M., Desobry-Banon, S., Vétier, N. et Hardy, J., 1998. Étude rhéologique des gels acides de laits de vache, de chèvre et de brebis. *Le Lait*, 78, pp. 453–459.

P

Paape, M.J. et Capuco, A.V., 1997. Cellular defense mechanisms in the udder and lactation of goats. *Journal of Animal Science*, 75, pp. 556–565.

Palhiere, I., 2001. Bilan de la variabilité génétique des races Saanen et Alpine. (*source à préciser pour complétude – revue, mémoire ou colloque ?*)

Park, W.Y., 2001. Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese. *Journal of Dairy Science*, 84, pp. 84–92.

Park, Y.W., 2012. Goat milk and human nutrition. In: *Proceedings of the 1st Asia Dairy Goat Conference*, 9–12 avril 2012, Kuala Lumpur, Malaysia.

Park, Y. W. Juarez, M. Ramos, M. et Haenlein, G. F.W. (2017). Physico- chemical characteristics of goat and sheep milk. « Small Ruminant Research », 68(1-2), 88-113

Pierre, A., Le Quéré, J.-L., Riaublanc, A., Le Graët, Y., Demaizieres, D. et Michel, F., 1998. Composition and physico-chemical characteristics of goat milks containing the A or O α S1 casein variants. *Le Lait*, 78, pp. 191–202.

Pougheon, S. et Goursaud, J., 2001. Le lait : caractéristiques physicochimiques. In : Debry, G. (éd.), *Lait, nutrition et santé*. Paris : Techniques et Documentation, pp. 6–8.

Pradal, M., 2012. *La transformation fromagère caprine fermière : bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre*. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Péronnas, France, 295 p.

R

Ramet, J.P., 1985. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. *Études FAO : Production et santé animales*, n° 48, Rome, Italie.

Références

Remeuf, F., Guy, R., Brignon, G. et Grosclaude, F., 2001. Influence de la teneur en caséine β sur les caractéristiques physico-chimiques et l'aptitude à la coagulation enzymatique du lait de chèvre. *Le Lait*, 81, pp. 731–742.

Remeuf, F., Lenoir, J. et Duby, C., 1989. Étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Le Lait*, 69, pp. 499–518.

Reveau, A., Broqua, C., Bossis, N., Cherbonnier, J., Poupin, B., Fouilland, C., Jenot, F., Lauret, A. et Letourneau, P., 1998. La mamelle : anatomie et sécrétion du lait. *L'Éleveur de Chèvres*, n° 4, pp. 1–3.

S

Sebaa, A., 1992. Le profilage génétique visible de la chèvre de la région de Laghouat. Thèse d'ingénieur d'État, Institut Agronomique de Blida, 48 p.

Sinha, N.K., 2007. *Handbook of Food Products Manufacturing*. 2 volumes. John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 2308 p.

Smith, M.C. et Sherman, D.M., 2009. *Goat Medicine*. 2e éd. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. ISBN : 9780781796439.

Snappé, J. et al., 2010. Composition du lait : protéines laitières. *Techniques de l'ingénieur*, F4820, v1. Disponible sur : <https://www.techniques-ingenieur.fr> (consulté le 26 février 2020).

Soltner, D., 1993. *La reproduction des animaux d'élevage : bovins, chevaux, ovins, caprins, porcins, volailles, poissons*. Zootechnie générale, Tome 1, 2e éd., Collection Sciences et Techniques Agricoles.

Soustres, Y., 2007. Questions sur les qualités nutritionnelles des protéines laitières. *Bio Communication*, 16, pp. 1–4.

St-Gelais, D., Baba Ali, O. et Turcot, S., 2000. Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. *Ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada*. (site web)

Références

T

Takoucht, A., 1998. Essai d'identification de la variabilité génétique visible des populations caprines de la Vallée de M'Zab et des Montagnes de l'Zhaggar. Thèse d'ingénieur d'État, Institut Agronomique de Blida, 52 p.

Tennah, M. et Bouzair, N. 2019. Influence de la race caprine sur la qualité du lait dans la région de Freha. *Revue des Sciences Animales*, 12(2), pp. 45-

Trujillo, A.J., Casals, I. et Guamis, B., 2000. Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electrospray ionization-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 83, pp. 11–19.

Trouette, G., 1930. *L'élevage indigène en Algérie*. Document anonyme, 50 p.

V

Veinoglou, B., Baltadjieva, M., Kalatzopoulos, G., Stamenova, V. et Papadopoulou, E., 1982. La composition du lait de chèvre de la région de Plovdiv en Bulgarie et de Ionnina en Grèce. *Le Lait*, 62, pp. 155–165.

Veisseyre, R., 1979. *Technologie du lait*. 3e éd. Paris : Maison Rustique, 714 p.

Vierling., 2008. Physical and chemical properties of milk. *Dairy Science Review*, 18(3), pp.102-110

Vignola, C.L., 2002. *Science et technologie du lait : transformation du lait*. École Polytechnique de Montréal, 600 p. ISBN : [à vérifier si vous avez le n° exact].

W

Wattiaux, M. et Howard, W.T., 2006. Sujet : Le lait. (site Web ou support électronique – source à préciser), consulté en 2005.

Références

Wattiaux, M., 2007.*Lactation et récolte du lait : principe de traite.* Institut Babcock pour la recherche et le développement du secteur laitier, University of Wisconsin, Madison,