

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur

En

MEDECINE VETERINAIRE

THEME

Lait de chèvre : Etude Bibliographique

Présenté par :

❖ Chamma Roumaissa
❖ Cherfi Meriem

Soutenu publiquement, le 14 Décembre 2020 devant le jury :

Mr. Souames Samir	MCA (ENSV)	Président
M. Chekikene Amina-Hind	MAA (Univ. Blida 1)	Examinatrice
Mr. Lamara Ali	Professeur (ENSV)	Promoteur

2019-2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions le bon Dieu, le tout puissant pour nous avoir accordé la foi, la force, la patience, le courage et les moyens à fin de pouvoir accomplir ce travail.

Au terme de ce présent travail,...

*Nous remercions d'abord **Mr Lamara A.**, Pour avoir nous proposé ce sujet, pour leur encadrement, leur enseignement et ses précieux conseils.*

Nous tenons également à exprimer nos remerciements aux membres de jury ;

***Mr. Souames S** , pour avoir accepté de présider notre jury de thèse, **M. Chekikene A. H** , pour avoir accepté d'évaluer ce travail, et pour ces conseils.*

Hommages respectueux

Notre gratitude s'élève à l'ensemble du corps enseignant ayant contribué à notre formation depuis la maternelle jusqu'à ce stade.

Dédicaces

À mes parents

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer la gratitude et l'amour que je vous
apporte*

*Je souhaite trouveront en ce modeste travail le témoignage de ma
reconnaissance et tous mes affections.*

À mes chères sœurs : Farah, Douaa et mon bout de sucre : Aroua

À Mon unique et cher frère : Othman

La vie sans vous n'a pas de sens.

À mon soutien depuis toujours, mon cher mari : Imad

Que dieu te garde pour moi.

À toute ma famille et ma belle-famille.

À ma chère binôme et sœur Meriem

Pour tous nos moments partagés

Nuits blanches et fous rires !

Roumaïssa

Dédicaces

*À ma **Maman** et **Papa** chéri*

Je suis là aujourd'hui grâce à vous, vos efforts et votre soutien, les mots ne suffiront pas pour exprimer ma reconnaissance envers vous,

Tellement chanceuse de vous avoir.

*À mes frères : **Abdou, Brahim, Amine, Moh***

*À ma sœur : **Khadidja***

*À mes neveux d'amour : **Bissane** et **Ghaith**.*

*À la meilleure des binômes, très chère amie **Roumaissa**, merci pour toutes ces magnifiques années pleines de beaux souvenirs.*

Meryem

Déclaration sur l'honneur

Je soussignée **Mlle Chamma Roumaissa**, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'C' followed by a horizontal line and a small upward stroke at the end.

Déclaration sur l'honneur

Je soussignée **Mlle Cherfi Meriem**, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Meriem Cherfi', written in a cursive style.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

CHAPITRE I: Le cheptel caprin.3

1. Domestication de la chèvre3

2. Cheptel caprin Dans le monde.3

3. Cheptel caprin en Algérie.....4

3.1. Effectif caprin.....4

3.2. Évolution des effectifs caprins4

3.3. Les principales races caprines.....5

3.3.1. La population locale5

3.3.2. La population de races importées8

3.3.3. La population croisée.....10

4. Les différents systèmes d'élevage11

4.1. Le système intensif.....11

4.2. Le Système semi-intensif11

4.3. Le Système extensif.....12

5. Alimentation caprine.....12

5.1. Le comportement alimentaire de la chèvre.....12

5.2. Les besoins alimentaires de la chèvre.....13

5.2.1. Besoins d'entretien	13
5.2.2. Besoins de production.....	13
5.2.2.1. Besoins de croissance.....	13
5.2.2.2. Besoins de la gestation.....	13
5.2.2.3. Besoins de Lactation.....	14
6. Reproduction.....	15
6.1. Activité sexuelle de la chèvre.....	15
6.2. Gestation	16
6.3. Lactation	16
CHAPITRE II : Production et composition du lait de chèvre.....	18
1. Définition légal du lait.....	18
2. Définition du lait de chèvre.....	18
3. Production laitière caprine mondiale.....	19
4. Production laitière caprine en Algérie.....	20
5. Composition nutritionnelle du lait de chèvre	21
5.1. Eau.....	21
5.2. Lipides.....	22
5.3. Protéines.....	23
5.3.1. Caséines.....	24
5.3.2. Protéines sériques.....	25
5.1. Enzymes.....	26
5.2. Glucides.....	26
5.3. Minéraux.....	27
5.4. Vitamines.....	28
5.5. Autres matières.....	29
6. Rendement fromager.....	30
7. Aperçu sur le polymorphisme génétique des protéines du lait de chèvre.....	31
7.1. Polymorphisme génétique des caséines.....	31
7.2. Polymorphisme génétique des protéines sériques.....	33

Chapitre III : Caractéristiques du lait de chèvre	34
1. Caractéristiques organoleptiques du lait de chèvre	34
1.1. Couleur	34
1.2. Odeur	34
1.3. Saveur.....	34
1.4. Aspect.....	34
2. Caractéristiques physico-chimiques.....	35
2.1. PH.....	35
2.2. Acidité titrable.....	36
2.3. Densité.....	37
2.4. Point de congélation.....	38
2.5. Point d'ébullition.....	38
2.6. Conductivité électrique.....	39
2.7. Viscosité.....	40
2.8. Indice de réfraction	40
3. Caractéristiques microbiologiques	42
3.1. Flore originelle	42
3.2. Flore contaminante	43
3.2.1. Flore d'altération	43
3.2.2. Flore pathogène	44
3.2. Les principaux microorganismes pathogènes	44
➤ Staphylococcus aureus.....	44
➤ Streptocoques fécaux.....	45
➤ Salmonelles	45
➤ Les coliformes	46
3.3. Conditions de croissance et prolifération des bactéries.....	46
➤ Sensibilité à la température.....	46
➤ Sensibilité à l'oxygène.....	47

➤ Sensibilité au pH.....	47
➤ Sensibilité à l'activité de l'eau.....	48
3.4. Limites microbiologique dans le lait cru.....	48
CHAPITRE IV : Qualité du lait caprin et facteur de variation.....	49
1. Qualités du lait de chèvre.....	49
1.1. Qualité nutritionnelle	49
➤ Digestibilité des protéines.....	50
➤ Digestibilité des gras.....	50
➤ Allergies.....	50
➤ Intolérance au lactose.....	51
➤ Impacts sur les différentes clientèles	51
1.2. Qualité technologique	51
2. Facteurs influençant la composition du lait.....	52
2.1. Les facteurs liés aux conditions intrinsèques.....	53
2.1.1. Facteur génétique.....	53
2.1.2. Facteur physiologique.....	53
➤ Stade de lactation.....	53
➤ Age et numéro de lactation.....	54
➤ Etat de gestation.....	55
2.2. Les facteurs liés aux conditions extrinsèques.....	55
➤ La traite	55
➤ Type d'alimentation.....	56
➤ La suralimentation et la sous-alimentation	57
➤ Saison et climat.....	57
Conclusion et Prescriptives.....	58
Référence bibliographiques.....	60
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 1: La production laitière de quelques populations caprines locales en Algérie.	8
Tableau 2: Qualités laitières de races importées	9
Tableau 3: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre selon le stade physiologique	14
Tableau 4: Production du lait de chèvre dans le monde	19
Tableau 5: Composition chimique du lait chez divers mammifères	21
Tableau 6: Composition en lipides du lait de chèvre	22
Tableau 7: Caractéristiques des caséines caprines et bovines	25
Tableau 8: Teneurs en minéraux (g/litre) des laits de deux espèces laitières : La chèvre et la vache	27
Tableau 9: Teneurs en vitamines (mg/l) des laits de deux espèces laitières ...	28
Tableau 10: Caractéristiques physiques de lait de différentes espèces	41
Tableau 11: Les microorganismes utiles du lait.	42
Tableau 12: Limites microbiologiques dans le lait cru	48

Liste des figures

Figure1: Évolution du cheptel caprin dans le monde	3
Figure2: Répartition des effectifs par espèce en Algérie	4
Figure3: Morphologie de la chèvre Arabiya	5
Figure4: Morphologie de la chèvre Makatia	6
Figure5: Chèvre kabyle	7
Figure6: La race Mozabite.....	7
Figure7: Race Alpine.....	8
Figure8: La chèvre blanche de Saanen.....	9
Figure9: Photo de races améliorées	10
Figure10: L'étable des chèvres en élevage intensif.	11
Figure11: Photo d'un élevage en conduite extensive.	12
Figure12: Évolution de la production laitière caprine en Algérie	20
Figure13: Composition de la matière grasse du lait	23
Figure14: Représentation schématique du processus de formation d'une micelle hétérogène de caséine (d'après de modèle de Schmidt & Walstra)	24
Figure15: Isolement des <i>S. aureus</i> réalisé sur milieu CHAPMAN	44
Figure16: Présentation de l'influence du stade de lactation sur la qualité et la quantité du lait de chèvre.....	54

Liste des abréviations

% : Pour cent

° : Degré

°C: Degré celsius

°D: Degré dornic

°D: Degré dornic

ANOC : Association national ovine et caprine-Maroc.

AFNOR: Agence Française de Normalisation

APLV: Allergie aux protéines du Lait de Vache

B carotène: Beta-carotène

Ca: Calcium

cm-1: Centimetre puissance moin un

cP: Centpoises

EST: Extrait Sec Total

FAMT: Flore Aérobie Mésophile Totaux

FAO: Food and Agriculture Organization

H+: Hidrogène

IgA: Immunoglobuline A

IgG: Immunoglobuline G

IgM: Immunoglobuline M

ITELV: Institut Technique des Elevages

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

J: Jour

Kcal : Kilocalorie

Kg: kilogramme

L: Litre

Log: Logarithme

m: Mètre

MAD: Matières azotées digestibles

MG: Matière Grasse

MG: Matière grasse

Mg: Milligramme

ohm-1 : Unité de résistance électrique

PCA: Gélose de comptage des plaques

PDI: Protéines digestibles dans l'intestin

PH: Potentiel d'hydrogène

PH: Potentiel hydrogène

S. aureus : Staphylococcus aureus

Sp: Espèce

TB: Taux butyreux

TP: Taux protéique

UFC/ml: Unité Formant de Colonie par millilitre

UFL: Unité fourragère lait

µg: Microgramme

INTRODUCTION

Le lait est le produit le plus proche du concept « aliment complet » au sens physiologique du terme, car il renferme la quasi-totalité des nutriments indispensables à l'homme.

C'est précisément pour cela que les besoins en cette matière ne cessent de s'accroître dans le monde alors que la production mondiale du lait n'arrive pas à suivre cette tendance. Cette situation de déficit en lait produit est encore plus accentuée quand on s'intéresse de près au cas de notre pays qui est considéré, à juste titre, comme le premier consommateur maghrébin de cette matière (**Kacimi El Hassani, 2013**). Si bien que ces besoins sont comblés par l'importation de la poudre de lait et de matières grasses anhydres.

Les laits sécrétés par les différentes espèces de mammifères présentent des caractéristiques communes et contiennent les mêmes catégories de composants. Cependant, les proportions respectives de ces derniers varient, largement, d'une espèce à une autre et, notamment, ceux des constituants protéiques, lipidiques et minéraux.

Le lait de chèvre est un aliment de grande importance à l'échelle mondiale, particulièrement, dans les pays en voie de développement (**Wehrmüller et Ryffel, 2007**). Il est connu par son aptitude à la transformation en fromage de très bonne qualité.

En Algérie, le lait de chèvre est insuffisamment valorisé. Il sert, le plus souvent, à la consommation de l'exploitant lui-même et sa famille. Quelques fois, il est mélangé à d'autres laits destinés à la transformation fromagère traditionnelle. Même s'il est bien établi que le lait de chèvre regorge de propriétés diététiques (hypoallergénicité, fort digestibilité..), sa valorisation industrielle est souvent très restreinte, voire inexistante.

De nos jours, la filière caprine algérienne suscite de l'intérêt et le lait de cette espèce prend une place de plus en plus grandissante au vu de ses caractéristiques d'un point de vue nutritionnel et diététique. De plus, le développement de l'élevage caprin est moins coûteux du fait de l'adaptabilité des chèvres locales aux conditions les plus difficiles et le mode d'élevage utilisé, le plus souvent extensif générant moins de frais et valorisant les territoires pauvres et peu accessibles exposés à l'exode rural. Ce qui contribue à la sécurité alimentaire des ménages ruraux (**Upton., 2004 ; Alary et al., 2011**).

Des études ont été menées localement, pour évaluer la production et la qualité du lait de chèvre sur le plan physico-chimique et microbiologique. Ce qui a pour conséquence d'aider à

mieux orienter les technologues sur les possibilités d'exploiter industriellement le lait de chèvre.

Cependant, aucun document, à notre connaissance, n'a fait l'objet d'une revue des données physicochimique et microbiologique du lait de chèvre en Algérie et sa capacité à la transformation fromagère.

L'objectif de notre étude est, par conséquent, de rassembler les données rapportées dans la littérature sur les qualités nutritionnel et technologique du lait de chèvre, et ses aspects physicochimique et microbiologique.

Notre travail sera subdivisé en quatre chapitres:

- Chapitre 1 : Le cheptel caprine
- Chapitre 2 : La production et la composition du lait de chèvre,
- Chapitre 3 : Les caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques du lait
- Chapitre 4 : Qualité et facteurs de variation du lait caprin

Chapitre I: Le cheptel caprin

1. Domestication de la chèvre

La chèvre a toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme, elle est élevée essentiellement pour son lait, sa viande, et ses poils. La population mondiale des chèvres descend d'un nombre limité de « *Capra aegagrus* » domestiquées vers 7000 et 7500 ans avant J.C dans le croissant fertile. Elles sont probablement les premiers ruminants à être domestiqués. L'adaptabilité et la robustesse extraordinaire des chèvres ont favorisés leur propagation dans le monde ancien. **Babo,(2000) ; Fantazi (2004).Amills et al.,(2017), (Mason, 1984).**

2. Cheptel Caprin Dans le monde

Il y avait environ 1045 millions de caprins dans le monde en 2018 selon **la FAO (2020)**. Près de 60 % de ce cheptel se situerait en Asie (19 % en Chine et 14 % en Inde). L'Afrique accueillerait 36 % du cheptel mondial, surtout au Nigéria, Soudan, Éthiopie et Kenya. L'Europe ne totaliserait que 2 % des effectifs caprins.

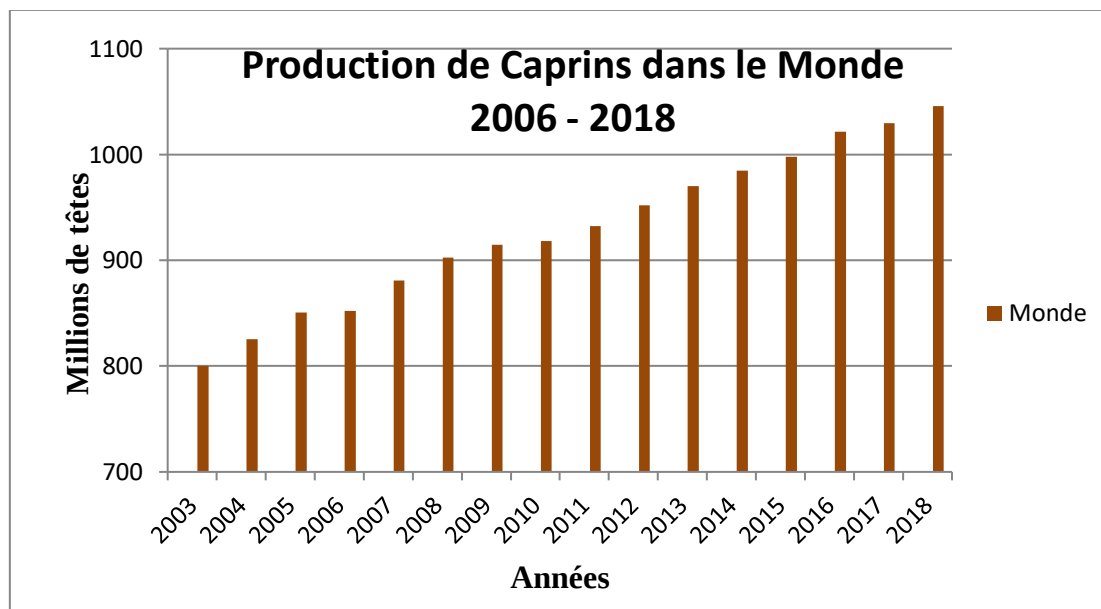


Figure1: Évolution du cheptel caprin dans le monde (FAO-Stat 2020)

3. Cheptel Caprin En Algérie

3.1. Effectif des caprins en Algérie

La population caprine en Algérie est estimée à environ 4,9 millions de têtes (**FAO 2020**), dont 2.8 millions de chèvres (**MADR, 2019**).

Par rapport aux ovins, l'élevage caprin est particulièrement intéressant afin d'augmenter la production animale en raison de l'adaptation de cet espèce à l'environnement, et sa meilleur résistance aux différents climats et périodes de sécheresse. (**Delgadillo et al.,1997**).

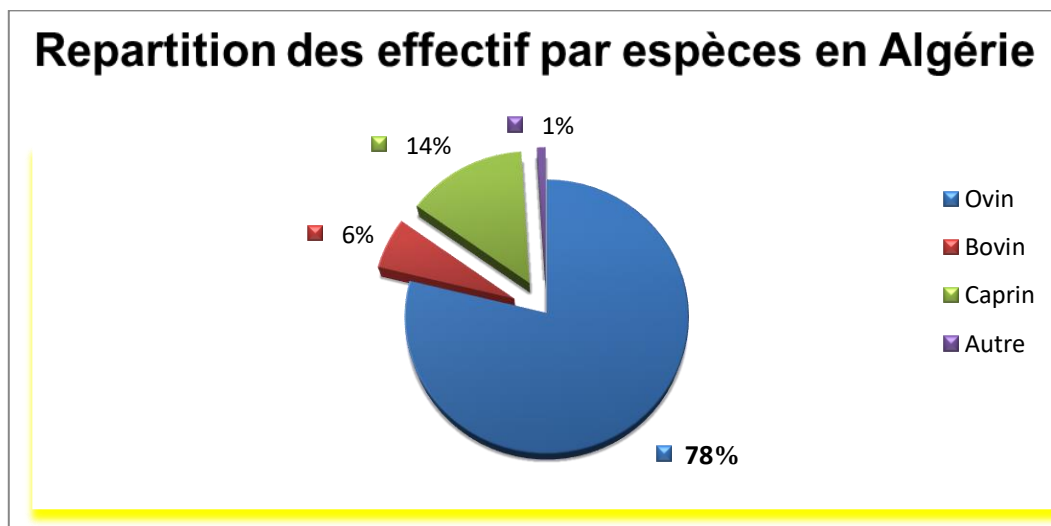


Figure 2: Répartition des effectifs par espèce en Algérie (Nadjraoui 2001)

3.2. Évolution des effectifs caprins en Algérie

D'après **Trouette (1930)** ; **Esperandieu (1975)**, les capridés représentés par *Capra hircus* ont été introduits en Algérie depuis le néolithique, et selon **Camps (1976)**, les débuts de la domestication pendant cette période, étaient sur le littoral et dans le Tell algérien.

Appelée la vache du pauvre durant la période coloniale, la chèvre a connu un déclin durant l'application de la 2ème phase de la révolution agraire où elle a été confinée dans les zones montagneuses, les zones steppiques et de parcours.

Depuis les années 1970, plusieurs tentatives de développement de l'élevage caprin ont eu lieu en Algérie. L'objectif était de constituer une source de revenu pour les ménages montagnards en vue de les fixer (**MARA, 1971**). Cependant avec les nouvelles orientations de la politique agricole, à l'issue du premier Salon National de la chèvre qui a eu lieu à la wilaya de

Laghouat, cet élevage connaît un essor qui demeure faible par rapport aux autres secteurs et localisé à certaines régions spécialisées dans la fabrication du fromage telles que la Kabyle, Tlemcen, Blida.... (Si Kadi A *et al.*, 2015)

Après les politiques précédentes qui ont été échoué, l'état a lancé en 2008 un programme pour la subvention à la production du lait caprin.

3.3. Les principales races caprines en Algérie

Le cheptel caprin algérien présente une extraordinaire diversité génétique mais n'a fait l'objet, à ce jour, que de peu de description de ses populations ; ce cheptel est très hétérogène et composé d'animaux de populations locales, populations importées et de populations croisées. (GUINTARD.C *et al.*)

3.3.1. La population locale

➤ Le Type ARABIA

D'après Dekkiche (1987) ; Madani *et al.*,(2003), c'est la race la plus dominante, qui se rattache à la race Nubienne, elle est localisée surtout dans les hauts plateaux, les zones steppiques et semi-steppiques. Elle présente un format développé, brun foncé et pourvue de cornes. Elle a une production laitière moyenne de 1.5 litre par jours.



Figure 3: Morphologie de la chèvre Arabiya

➤ Le Type MAKATIA

Cette race est localisée dans les hauts plateaux et la région Nord de l'Algérie. Elle est utilisée principalement pour la production de lait et de viande et spécialement pour la peau et le cuir. C'est une race de grande taille et de couleur variée (**commission national Angr ,2003**). La production laitière est de 1 à 2 litres par jour (**Hellal, 1986**).



Figure4: Morphologie de la chèvre Makatia (Laouadi M et al. 2015)

➤ La Naine de Kabylie

C'est une chèvre robuste, massive, de petite taille d'où son nom « Naine de Kabylie » (**G. Espérandieu et S. Chaker ,1994**). D'après **Pedro (1952)** et **Hellal (1986)**, c'est une chèvre autochtone qui peuple les massifs montagneux de la Kabylie et des Aurès.



Figure5: Chèvre kabyle (ITELV. Département de conservation des espèces caprines en Algérie)

Chèvre brun foncé à noir, avec une production laitière médiocre et parfois très faible (RABIA.Y et ROUANE.F ,2019).

➤ **La Mozabite**

Appelée aussi « la chèvre rouge des oasis » ou « Touggourt ».Elle est originaire de Metlili ou Berriane (Laghouat et Ghardaïa) (Hellal, 1986).



Figure6: La race Mozabite (ITELV. Département de conservation des espèces caprines en Algérie).

Cette race réalise deux mises bas en moyenne par an .Race laitière par excellence (2,56 kg/j), elle présente indéniablement d'immenses intérêts zootechniques et économiques. (FELIACHI.K ,2003).

Tableau 1: La production laitière de quelques populations caprines locales en Algérie.
(Kerba 1995)

Race	Durée de lactation (en jours)	Production laitière par lactation (en kg)
L'ARBIA	150	220
La MAKATIA	120	80
La KABILE	150	105
La MOZABITE	180	460

3.3.2. La population des races importées :

Elle est représentée principalement par la Saanen et à un moindre degré par l'Alpine, importées d'Europe et caractérisées par leur forte production laitière.

➤ L'Alpine

D'après **BABO (2000)**, elle est Originaire des Alpes suisses et françaises .Elle présente une très bonne production laitière, puisqu'elle peut être élevée en stabulation comme en plein air. Très bien adaptée à la traite mécanique, son lait est apprécié pour ses qualités fromagères.



Figure7: Race Alpine (Anonyme 1)

➤ Race Saanen

La race Saanen Originnaire de la vallée de Saane en Suisse. C'est une meilleure productrice du lait dans le monde, et donne surtout d'excellents chevreaux dont la viande est très appréciée (Holmes-pegler, 1966; Quittet, 1977 ; Benalia, 1996 ; Babo, 2000 ; Gilbert, 2002). La race Saanen est élevée principalement par les fabricants du fromage en Kabylie.

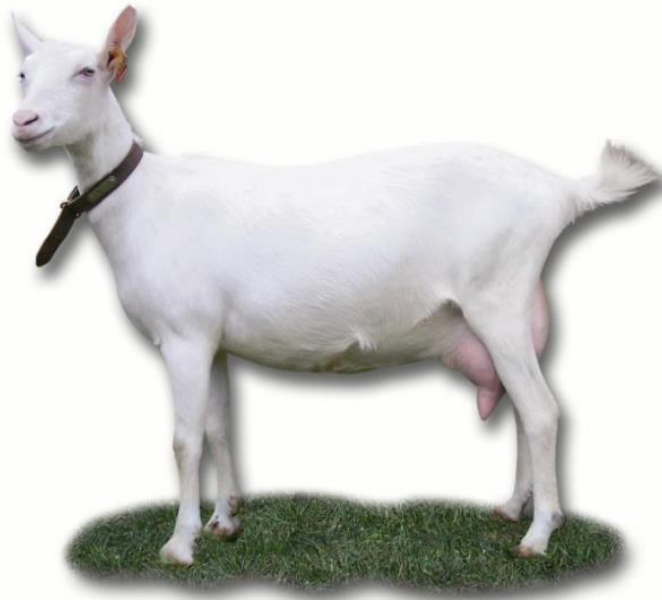


Figure8: La chèvre blanche de Saanen (Anonyme 2)

Tableau 2: Qualités laitières de races importées

Qualités laitières	Alpine	Saneen
	-Production laitière moyenne par lactation : 886 kg en 295 jours -Quantité de matière protéique : 29,4 kg -Taux protéique : 33,2 g/kg. -Taux butyreux : 37,8 g/kg.	-Production laitière moyenne par lactation : 946 kg en 306 jours -Quantité de matière protéique : 30,1 kg -Taux protéique : 31,8 g/kg. -Taux butyreux : 35,8 g/kg.

3.3.3. La population croisée

Elle est issue de croisements contrôlés ou non des races locales avec des races Alpine, Saanen Maltaise Toggenburg, Murciana Damasquine...

L'objectif de ces croisements reste varié selon les régions et les éleveurs, les produits ont une taille remarquable, une carcasse pleine, souvent des gestations gémellaires, et une production laitière appréciable, les poils sont généralement courts (**Khelifi 1997**).

Sur le terrain, le croisement de la Saanen avec les races locales a été bien réussi, en raison de l'élévation de la production laitière de 0.7 à 1.6 L, même chose pour le croisement de la race alpine avec les races locales non seulement dans la production laitière mais le produit de croisement a montré une résistance aux maladies et à l'environnement, rapporte **Bensalem M et al.,**



Figure9: Photo de races améliorées (ITELV. Département de conservation des espèces caprines en Algérie).

4. Les différents systèmes d'élevage

Le mode de conduite de l'élevage du troupeau et le niveau et mode d'alimentation sont principaux facteurs qui influent sur la variation de la production et la composition du lait (Kouniba *et al.*,2007)

Ces méthodes ou ces systèmes d'élevage vont variés suivant la diversité des régions et des climats (Paradal ,2014).

4.1. Le système intensif

Il concerne principalement les races améliorées, ce système s'applique aux troupeaux orientés vers la production laitière ou la production fromagère. Le système intensif selon **Faye (1997)**, met en stabulation les chèvres, leur fournit les besoins nécessaires pour la production laitière, et leur assure l'alimentation à partir d'une surface fourragère cultivé de façon intensive et d'importantes quantités de concentrés (**Paradal, 2014**).



Figure10:L'étable des chèvres en élevage intensif. (Anonyme 3)

4.2. Le Système semi-intensif

Ce système d'élevage est moins intensif que le précédent et se distingue par une utilisation modérée des aliments et des produits vétérinaires (**Paradal, 2014**).

Les espèces caprines sont localisées dans les plaines céréalières, et sont alimentées par pâturage sur jachère, sur résidu de récoltes et on leur rajoute un complément d'orge et de foin (**Adamou et al.**, 2005).

4.3. Le Système extensif

C'est le système le plus répandu, l'alimentation est assurée essentiellement dans les parcours. Les troupeaux conduits de façon extensive sont de bien plus faible effectif et sont tous quasiment orientés vers une production fromagère (**Paradal, 2014**).



Figure11: Photo d'un élevage en conduite extensive. (Anonyme 4)

5. Alimentation caprine

5.1. Le comportement alimentaire de la chèvre

La chèvre est un animal qui se caractérise par le phénomène de tri, c'est à dire : elle choisit de façon spécifique ce qu'elle ingère (**Chunleau, 1995**).

Son comportement alimentaire vis à vis du pâturage ou des aliments distribués est variable. En pâturage, les caprins utilisent bien la végétation entre 1-2m de hauteur. Elles consomment les feuilles, les sous arbustes, les arbustes surtout ceux qui sont pauvres en lignines et riches en sodium (**Ben Salem, Nefzaoui et Ben Salem, 2000**).

Lors de la distribution de fourrage, la chèvre choisit les parties et les fractions les plus nutritives, et les plus appétantes, donc elle a le pouvoir de refuser partiellement ou totalement même avec des petites quantités de fourrage distribué, ce qui peut se traduire dans certains cas par une diminution des quantités ingérées. (**Morand-Fehr et al., 1987**). Ce comportement est plus marqué pour le foin de légumineuses que pour le foin de graminées. En raison du tri, la valeur alimentaire du fourrage réellement ingéré peut être sensiblement différente de celle qui est distribuée (**Chunleau Y, 1995**).

5.2. Les besoins alimentaires des chèvres

5.2.1. Besoins d'entretien

Ils correspondent aux besoins d'un animal adulte au repos sans aucune production et permettent d'assurer le maintien du fonctionnement de base de son organisme (respiration, température corporelle, digestion ...) (**Chunleau, 1995; Gilbert, 2002**). Ces besoins peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs :

1-Poids vif : une chèvre de 70 kg de poids vif a besoin de plus de nourriture qu'une femelle de 50 kg de poids vif (**Gilbert, 2002**).

2-Activité physique : les besoins de la chèvre au pâturage sont plus élevés qu'un animal à l'auge puisque les déplacements consomment beaucoup d'énergie. (**Gilbert, 2002**).

5.2.2. Besoins de production

Au cours de son cycle de production, la capacité d'ingestion et les besoins de la chèvre varient de façon importante :

5.2.2.1. Besoins de croissance

La croissance correspond à une augmentation de volume, de la taille, et de poids des animaux par la formation des nouveaux tissus. Les animaux en croissance ont donc des besoins d'entretien auxquels s'ajoutent les besoins de croissance. Ces besoins dépendent à la vitesse de croissance (gain quotidien pondéral G.Q.P.) et la composition des tissus néoformés (**Rivière, 1978**).

La croissance des chèvres se poursuit pendant plusieurs lactations mais n'est importante que chez les primipares. On considère chez les multipares les besoins de croissance comme négligeables (**Wolter, 1994**).

5.2.2.2. Besoins de gestation

Les besoins de gestation apparaissent durant des deux derniers mois où la croissance du ou des fœtus et de ses annexes est importante. Pendant cette période les besoins de la chèvre augmentent, alors que sa capacité d'ingestion stagne voire même diminuent vers la fin de gestation en raison de la pression exercée par le fœtus sur les réservoirs gastriques. Il en résulte un bilan énergétique progressivement négatif associé à une mobilisation croissante des graisses de réserves (**ANOC**).

La première mise-bas se passe généralement au cours de la croissance, et donc on doit fournir à l'animal les besoins de gestation, de production laitière mais aussi ceux de la croissance (Desbos V).

5.2.2.3. Besoins de Lactation

Les besoins de production en début de lactation sont intenses et ne peuvent pas être couverts totalement par la ration, suite à la diminution de la capacité d'ingestion. A ce moment, l'animal doit mobiliser ces réserves corporelles pour compenser l'insuffisance en apports énergétiques, et par conséquent perdre son poids (Jenot *et al.*, 2001). On peut observer alors une perte de 2 kg de poids vif par mois en début de lactation (Gadoud *et al.*, 1992).

Entre le 2ème et le 4ème mois de lactation, on observe un certain équilibre entre les besoins alimentaires et les apports recommandés et dans ce cas l'animal garde un poids vif relativement constant. Mais à partir du 4ème mois de lactation, les besoins alimentaires sont facilement couverts, et l'animal peut utiliser l'excès pour reconstituer ces réserves corporelles (Gadoud *et al.*, 1992; Chunleau, 1995; Gilbert, 2002)

Tableau 3: Apports alimentaires journaliers recommandés pour la chèvre selon le stade physiologique (CHUNLEAU, 1995)

Stade physiologique	Poids vif (Kg)	Apports recommandés					
		Energie U.F.L		Azote		Minéraux	
				MAD(g)	PDI(g)	Ca(g)	P(g)
		Chèvrerie	Parcours				
Entretien et début de gestation	40	0.58	0.91	34	37	3	2.0
	50	0.69	1.05	40	43	3.5	2.5
	60	0.75	1.20	46	50	4.0	3.0
	70	0.89	1.34	52	56	4.5	3.5
4ème et 5ème mois de gestation	40	0.75	1.08	88	57-77	9	3.5
	50	0.88	1.21	103	67-91	9.5	4.0
	60	1.00	1.34	120	79-107	10.0	4.5
	70	1.13	1.46	138	90-123	10.5	5
Lactation (Kg de lait)		0.4	0.45	50	45	4	3

6. Reproduction

La reproduction des caprins est saisonnière. Cela signifie que naturellement l'activité de reproduction des chèvres, et donc la production de lait et de chevreaux, est restreinte à une période de l'année (généralement de juillet à décembre). Pour répondre à la demande des consommateurs, l'éleveur peut chercher à étaler sa production sur l'année, la maîtrise de la reproduction est alors une étape clé dans la conduite de son troupeau **(Renou.C, 2012)**.

6.1. Activité sexuelle de la chèvre

La puberté de la chèvre apparaît à l'âge de 3 à 6 mois et précède la maturité sexuelle. **(Renou.C, 2012)**. Mais la mise à la reproduction d'une chevrette ne doit pas se faire avant que celle-ci n'ait atteint 60 à 70 % de son poids adulte (vers 7 mois en général, pour un poids de 30 à 35 kg) **CHARTIER (2009) ; PUGH et BAIRD (2011)**.

Les variations annuelles de la durée du jour sont responsables de l'alternance entre une saison sexuelle et une saison de repos sexuel dans la plus part des espèces animales. selon sa durée, la photopériode peut exercer une action stimulante ou inhibitrice sur l'activité de reproduction **(MALPAUX .B et al.,1996)**.

En bâtiment fermé, les jours courts stimulent l'activité ovulatoire et la production spermatique, tandis que les jours longs inhibent ces activités **(P.CHEMINEAN et al., 1998)**. Lorsqu'on superpose la courbe de variation annuelle de la durée du jour et celle de l'apparition des chaleurs chez la chèvre adulte, on constate qu'elle évolue en sens inverse.

Les variations saisonnières de l'activité sexuelle sont liées à la sécrétion d'une hormone : la mélatonine. L'information photopériodique (éclairage ou obscurité) est captée au niveau de l'œil par la rétine. Elle est ensuite transmise par voie nerveuse jusqu'à la glande pinéale. Celle-ci sécrète la mélatonine qui est le messenger permettant au système nerveux central d'interpréter le signal photopériodique. La mélatonine est sécrétée uniquement la nuit. Au printemps, lorsque les nuits sont courtes, la sécrétion est moindre. Au contraire, en automne, la durée de la nuit augmentant, la sécrétion devient plus importante ce qui stimule la fonction de reproduction. **(BOUHAZAM H, 2017)**

Selon **Baril et al., (1993)**, la durée moyenne du cycle est de 21 jours. En début de saison sexuelle, on observe trois catégories de cycles :

- Des cycles courts de 5 à 7 jours (dans 10% des cas)
- Des cycles normaux de 15 à 25 jours (dans 80% des cas)
- Des cycles longs de 26 à 35 jours (dans 10% des cas)

Les chaleurs durent 24 à 48h chez la chèvre laitière et sont caractérisées par des changements importants de comportement. La chèvre exprime plus visiblement ses chaleurs que la brebis; elle est agitée, chevauche ses congénères et se laisse chevaucher, bêle fréquemment, agite rapidement la queue, et présente un appétit réduit ainsi qu'une production laitière diminuée. Sa vulve est rosée, congestionnée, souvent humide, parfois dilatée et laisse écouler un liquide qui devient visqueux et plus transparent à la fin des chaleurs (**Zarrouck et al., 2001**).

L'ovulation a lieu environ 36 heures après le début des chaleurs. Le moment idéal pour la saillie ou l'insémination artificielle se situe entre 9 et 24h après le début des chaleurs (**Zarrouck et al., 2001**).

Il faut noter qu'il n'est pas rare que les chèvres présentent des œstrus anovulatoires en début de saison sexuelle, et des ovulations sans comportement d'œstrus en fin de saison sexuelle (**Baril et al., 1993**).

6.2. Gestation

La gestation dure entre 147 et 155 jours et donne lieu à la naissance de jumeaux ou de triplets, plus rarement de chevreaux seuls. La gestation est maintenue par la progestérone, sécrétée exclusivement par le corps jaune. La placentation des chèvres est épithélio-choriale et cotylédonaire **CHARTIER (2009) et PUGH et BAIRD (2011)**.

6.3. Lactation

Selon **VANWARBECK O, 2008** :

Les chevrettes doivent boire le colostrum dans leurs 6 premières heures de vie. Le premier jour, on considère qu'elles doivent boire environ 1 à 1,2 kg de colostrum. Par la suite, jusqu'au sevrage, la distribution de lait, reconstitué ou non, sera d'environ 1,5 kg par jour. Les chevrettes pourront être sevrées au plus tôt à 6 semaines, à condition qu'elles pèsent au moins 12 kg. Par ailleurs, il est recommandé de leur fournir de l'alimentation solide (foin et concentré appétant adapté).

Après la mise-bas, la production de lait est haute, Le pic de lactation survient après 6 semaines environ ; elle commence à diminuer progressivement jusqu'à s'arrêter : c'est la période de tarissement.

Le cycle de lactation s'exprime sur environ 10 mois et s'élève en moyenne à 800 litres par an, soit 2,5 litres par jour.

Les taux butyreux et protéiques du lait sont eux plus élevés en début et en fin de lactation. Les chèvres laitières présentent leur meilleur rendement laitier à partir de la 3ème lactation. A partir de là, la production laitière commence généralement à diminuer. Parce que la mamelle de la chèvre est fragile, une bonne traite doit être rapide, complète, douce et effectuée à horaires réguliers, généralement deux fois par jour et sept jours sur sept. L'hygiène est de rigueur à la fois pour la personne qui traite et pour le local de traite (avant et après chaque traite).

Chapitre II : Production et composition du lait de chèvre

1. Définition légale du lait

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

Le Codex Alimentarius en 1999, le définit comme étant la sécrétion élaborée par les glandes mammaires des femelles de mammifères après la naissance du jeune, 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.

Le lait est un liquide blanc, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène, de sa matière grasse, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité (ALAIS, 1984), selon **ABOUTAYEB (2009)**.

2. Définition du lait de chèvre

Le lait de chèvre se présente comme un liquide opaque de couleur blanchâtre mate, dû à l'absence de β -carotène. Il est légèrement sucré, d'une saveur particulière et une odeur assez neutre (**Alais, 1984**). Il donne une impression bien homogène c'est-à-dire ni trop fluide ni trop épais (**Bosset et al., 2000 cité par Diof, 2004**)

Le lait de chèvre frais a un léger goût de chèvre dû à la présence d'acide gras caprique, caprylique et caproïque (**Jaubert, 1997**). Le goût fort du lait de chèvre est dû à une traite non hygiénique, à certaines sortes d'aliments pour bétail, à un traitement inadéquat ou à un mauvais stockage du lait (**Boyaval et al., 1999**). L'odeur chèvre est peu marquée voire inexistante quand le lait est collecté et conservé proprement, (**Bosset, 2000 cité par Diof, 2004**).

Son goût dépend aussi de la race caprine ; l'une donne un lait au goût plus prononcé que d'autres (**Juillard et al., 1996**).

3. Production laitière caprine mondial

Selon la F.A.O en 2018 la production laitière mondiale est de 18712 millions de tonnes, par ailleurs l'estimation de la production laitière est variable, et dépend essentiellement du système de production pratiqué par les pays.

À l'échelle mondiale, la production de lait de chèvre ne représente qu'environ 2 % de la production laitière totale, toutes espèces confondues.

L'Asie, le Moyen-Orient et l'Europe de l'Ouest sont les principaux producteurs de lait de chèvre. La France est le premier pays producteur mondial de lait et de fromage de chèvre, on évalue la production journalière à 2,5 L par chèvre (**Anonyme 5**).

Tableau 4: Production du lait de chèvre dans le monde (FAO stat,2020)

1000 tonnes	2005	2010	2013	2018
Monde	14931	17165	17957	18712
Asie	8270	9839	10654	10627
Inde	3790	4594	5000	6098
Afrique	3520	4997	4185	4582
Europe	2590	2639	2526	2722
Amérique	550	587	592	779
Chine	256	277	296	237

Toutefois, Le lait de chèvre est principalement transformé en fromages consommés de façon différente selon les pays. Les pays d'Europe, la France en tête, sont les principaux producteurs de fromages (**Brassard M-E ,2009**).

4. Production laitière caprine en Algérie

La production de lait de chèvre est une bonne alternative par rapport à celle du lait de vache. En prenant compte de leurs poids corporel et leurs consommation d'aliments, les chèvres produisent de grandes quantités de lait, leurs besoins en surface et en capital sont inférieurs à ceux des vaches laitières et la production n'est pas contingentée. Vu que les chèvres mettent bas une fois par année et que les naissances gémellaires sont fréquentes, il est possible de constituer son propre troupeau en quelques années seulement (Weidmann G., 2010).

En Algérie, le lait de chèvre représente une part négligeable dans la production nationale de lait. Selon la FAO (2006) l'Algérie est classée en 15ème place dans la production mondiale de lait de chèvre avec un chiffre de 160000 tonnes pour l'année 2005. Le système d'élevage caprin demeure extensif. Il est surtout localisé dans les zones montagneuses. Cet élevage est considéré souvent comme une activité secondaire qui assure une liquidité financière en cas de besoins (Jansen et van den Burg, 2004).

Plusieurs tentatives de son développement ont été lancées auparavant, mais avec peu de succès (MARA, 1971).

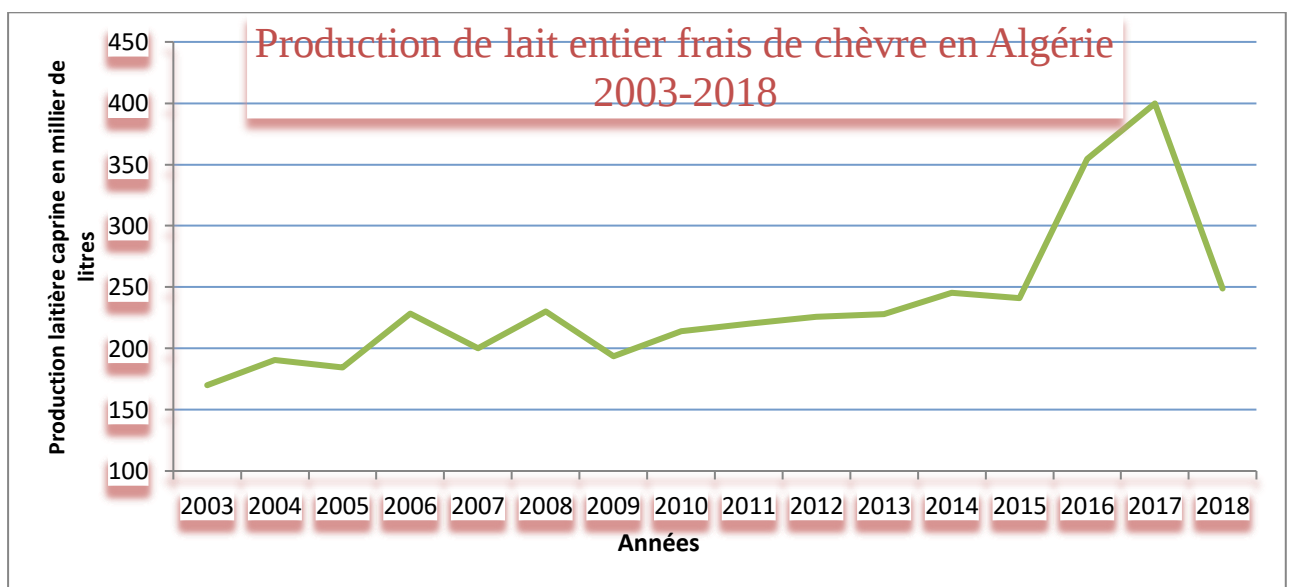


Figure12 :Évolution de la production laitière caprine en Algérie (FAO stat, 2020)

Avec une alimentation basée sur le pâturage, la productivité laitière des chèvres est toujours faible. Cela représente l'une des contraintes au développement d'une filière caprine laitière (MOUHOUS A *et al.*).

Le fromage est le principal produit de transformation du lait caprin. Néanmoins, d'autres produits existent comme le yaourt, Kéfir, lait acidifié, beurre clarifié (Inde et Iran), huile de beurre, laits infantiles (Taiwan, Nouvelle-Zélande, Australie), crème, glaces et même bonbons fabriqués à base de lait caramélisé sucré (Mexique, Norvège, Inde) (**Soustre, 2007**). En Algérie, contrairement à l'essor de la filière caprine française, malgré la ténacité des chèvres et leur adaptation aux conditions offertes par notre pays, la transformation du lait de chèvre est encore faible. Les sous-produits sont principalement des laits fermentés (Raïb, Lben et Jben), qui ont généralement des qualités organoleptiques variées (**Badis et al., 2005**).

5. Composition nutritionnelle du lait de chèvre

Selon **Favier (1985)**, le lait de chèvre est une source importante de protéines de très bonne qualité, riche en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés.

Tableau 5: Composition chimique du lait chez divers mammifères

Espèce	Eau	Extrait sec	Matière grasse	Protéines			Glucide: Lactose	Matières minérales
				totales	Caséine	albumine		
Chèvre	900	120	40-45	35-40	30-35	6-8	40-45	5-8
Vache	900	130	35-40	30-35	27-30	3-4	45-50	8-10
Femme	925	100	10-15	40-44	20-22	9-13	40-45	6-9

5.1. L'eau

L'eau est l'élément le plus important du lait sur le plan pondéral soit 88,6 % du poids total, la détermination de sa teneur permet de détecter les mouillages. **Bosset J-O et al., (2000)**, **Gelais S-T. (2002)**. Il se trouve sous deux formes: l'eau libre (96 % de la totalité) et l'eau liée à la matière sèche (4 %).

L'eau libre a une très forte fluidité, qui peut dissoudre le lactose et certains minéraux, et rendre l'environnement très favorable à la croissance des micro-organismes. (**Vignola et al., 2002**).

L'eau liée est étroitement associée aux protéines, à la membrane des globules gras et à certains sels minéraux; elle n'est pas affectée par le processus de transformation classique et n'interfère pas avec les réactions chimiques, physiques ou enzymatiques (**Vignola et al., 2002**).

5.2. Les lipides

Les lipides du lait représentent la principale source d'énergie du lait de chèvre. (**Grandpierre et al., 1988**). La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, phospholipides et une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol. (**Filq, 2002**).

Tableau 6 :Composition en lipides du lait de chèvre (Chilliard, 1997)

Composants	%
Triglycérides	95
Glycéride partielle	3
Cholestérol	0,4
Phospholipides	1
Acides gras libres	0,6

La digestibilité des lipides du lait de chèvre est élevée (90 à 95 %). Ces lipides sont caractérisés par la présence d'acide gras à chaîne relativement courte qui peuvent être absorbés par un mécanisme plus simple que celui des acides gras à chaîne longue (**Desjeux J-F, 1993**).

Les principaux acides gras caractéristiques du lait de chèvre sont, comme leurs noms l'indiquent, l'acide caproïque (C6 : 0), l'acide caprylique (C8 : 0) et l'acide caprique (C10 : 0) (**RABIA.Y et ROUANE.F ,2019**).

Le lait de chèvre ne contient que des traces de carotène. Ce déficit en carotène du lait est à l'origine de leur blancheur caractéristique (Debry, 2001).

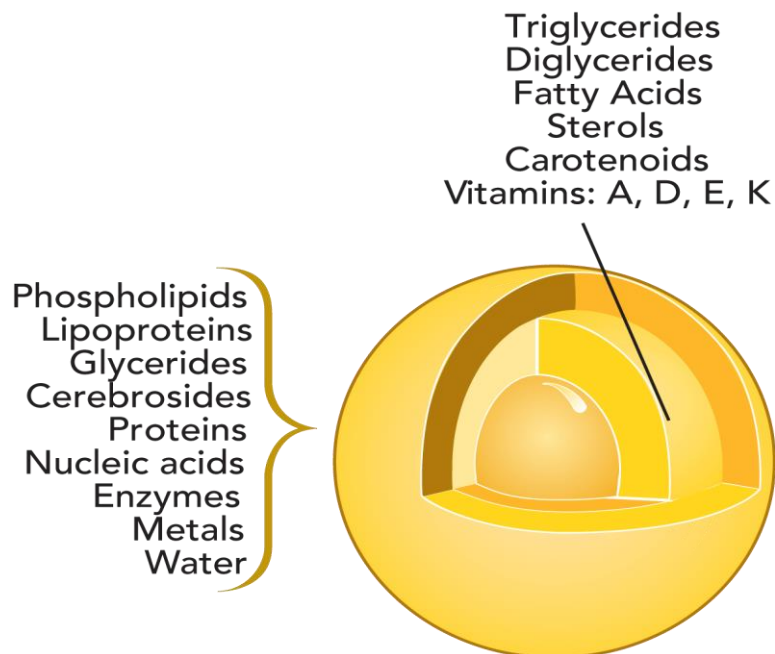


Figure13: Composition de la matière grasse du lait (SUSHIL K, 2015)

5.3. Les protéines

Les protéines sont des constituants essentiels au fonctionnement normal des cellules vivantes (Amiot J *et al.*, 2002).

Après acidification ou traitement à la présure du lait, deux fractions sont mises en évidence ; une majoritaire dénommée caséine (représentant environ 80 %) (Mahe *et al.*, 1993); qui forme de petits conglomerats avec le calcium et le phosphore, appelés « micelles » ; et autre minoritaire (représentant 20 %) dénommée protéines sériques (Collins *et al.*, 1991 ; Trujillo *et al.*, 2000 ; Chanokpht, 2005), qui se retrouvent sous forme d'une solution colloïdale et qui précipitent sous l'action de la chaleur.

Il est intéressant de quantifier le taux protéique car il est le reflet de la concentration en caséine qui intervient dans la coagulation du lait. En effet, les micelles vont ensuite se lier les unes aux autres et ainsi former le caillé du lait lors de la fabrication du fromage. On comprend aisément que le but est d'obtenir un TP maximum, pour un rendement fromager maximum, étant donné que le fromage est l'unique débouché du lait de chèvre.

5.3.1. Les caséines

Les micelles sont constituées de 4 types de caséines (α_1 , α_2 , β , κ), elles se composent de 92% de protéines et de 8% de minéraux (**Belarbi M. 2015**). Elles représentent la partie la plus importante des protéines ; et se distinguent par une série de propriétés structurales qui leur sont propres et qui ont une importance en ce qui concerne les comportements chimique et technologique.

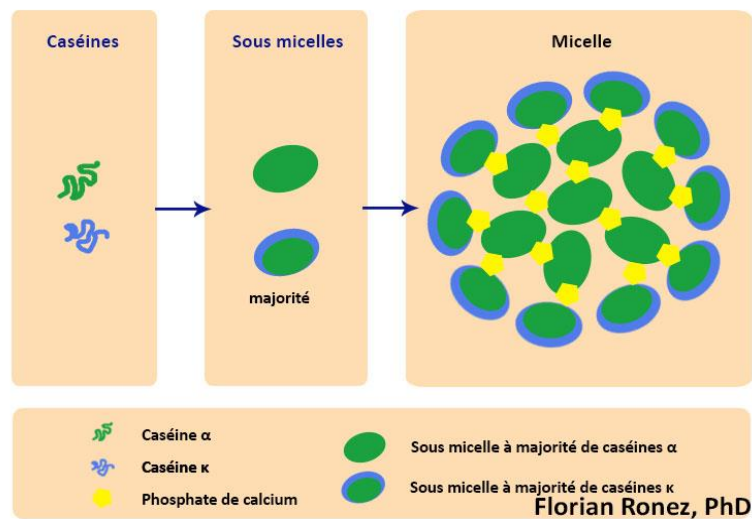


Figure14: Représentation schématique du processus de formation d'une micelle hétérogène de caséine (d'après de modèle de Schmidt & Walstra) (Florian Ronez, 2012)

L'aptitude du lait à la coagulation, la rhéologie des caillés, certains comportements d'affinages sont liés directement à la structure et la composition de la micelle de caséine. La minéralisation plus élevée et hydratation plus faible de la micelle de lait de chèvre lui confèrent une faible stabilité thermique (**Hennane M., 2012**).

➤ La caséine α_1

Elle est la plus sensible au calcium (**SLATTERY, 1976**), elle est composée dans les deux laits (bovin et caprin), de 199 acides aminés (**MARLETTA et al., 2007**) avec 80% de similitude (**TRUJILLO et al., 2000**).

➤ La caséine α_2

La caséine α_2 caprine est la caséine la plus phosphorylée avec plus de 13 résidus phosphate. Elle contient 288 résidus d'acides aminés (un de plus que son homologue bovin) (**PAYENS, 1982**).

Elle partage aussi environ 88% de similitude avec l'homologue bovin (TRUJILLO *et al.*, 2000).

➤ La caséine β

La caséine β est une phosphoprotéine constituée d'une seule chaîne polypeptidique (RIBADEAU-DUMAS *et al.*, 1972). Cette protéine est bien plus hydrophobe que la caséine α S1, mais d'une sensibilité moindre au calcium (SLATTERY, 1976 ; CHANOKPHAT, 2005).

La caséine β est composée de 207 résidus d'acide aminés soit deux de moins que la protéine homologue bovine et avec une homologie de 90% avec celle-ci (TRUJILLO *et al.*, 2000 ; MARLETTA *et al.*, 2007). Elle partage néanmoins la même mobilité électrophorétique avec la caséine β bovine (MUCIO, 1983).

➤ La caséine κ

Seule la caséine κ est une glycoprotéine dotée de propriétés amphiphile (SLATTERY, 1976 ; MARTIN et LEROUX, 2000). Elle contient deux résidus phosphate. Elle est difficilement précipitée par les ions calcium (SLATTERY, 1976 ; CHANOKPHAT, 2005). Ces deux facteurs combinés, font que la caséine κ joue le rôle de stabilisant pour les autres caséines (PAYENS, 1982 ; CHANOKPHAT, 2005).

Tableau 7:Caractéristiques des caséines caprines et bovines (MARTIN, 1996)

Caséines	α 1		β		α 2		κ	
C=chèvre V=vache	C	V	C	V	C	V	C	V
Acides aminés	199	199	207	209	208	207	171	169
% de la caséine totale	10	38	48	38	20	11	22	13
Groupements phosphate	7/9	8/9	5/6	5	9/11	10/3	2/3	1/2

5.3.2. Protéines sériques:(du lactosérum)

Les deux principales sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine ; les autres protéines du sérum sont les immunoglobulines (essentiellement IgG), la sérum-albumine et la lactoferrine.

Ces protéines ne participant pas à la formation du caillé, sont en grande partie perdues dans le sérum lors de l'égouttage des fromages.

5.4. Enzymes

Les enzymes du lait sont des catalyseurs biologiques thermosensibles d'origine lactée, fongique ou microbienne et dont les propriétés sont utilisées aussi bien en technologie laitière qu'en contrôle du lait et des produits laitiers.

Les enzymes du lait de chèvre sont surtout des estérases, c'est-à-dire des lipases, des phosphatases alcalines et des protéases (**Veisseyre, 1979**).

Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (**Amiot *et al.*, 2002**).

5.5. Glucides

Le lactose (lac) ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ou l'hydrate de carbone, représente l'immense majorité des glucides du lait, sa concentration variant très peu, entre 48 et 50 g/L (seulement 28 g/L dans le colostrum) est légèrement inférieure à celle du lait de vache (**LUQUET, 1985**). C'est le constituant le plus abondant après l'eau (**Mathieu, 1998**).

C'est un disaccharide constitué de: β - D galactopyranosyl, 1-4 D glucopyranosyl (α ou β), à saveur relativement peu sucrée (1/6 par rapport au saccharose), peu soluble et qui possède un groupement réducteur (**LUQUET, 1985**). Il est le constituant le plus stable du lait de chèvre au cours de la lactation (**Roudj *et al.*, 2005**).

Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication des produits laitiers (**MORRISSAY, 1995**). En plus du rôle énergétique en tant que substrat de la flore lactique endogène (**Gnanda *et al.*, 2006**), les glucides sont également présents sous forme de glycoprotéines et de glycolipides (**Desjeux J-F, 1993**).

Le lait de chèvre contient quatre fois plus d'oligosaccharides que le lait de vache. Ces sucres jouent le rôle de prébiotiques et favorisent le développement et la croissance des bactéries intestinales, importantes pour renforcer le système immunitaire. (**Agathe M, 2014**)

5.6. Minéraux

Le lait de chèvre renferme globalement plus de calcium, magnésium, potassium et phosphore que le lait de vache (**Patel et Reuter, 1996**).

Toutes les matières minérales ne sont pas en solution (**Daviau et al., 2000**). Ils prennent la forme du sel, de base et d'acide mais les deux formes principales sont les sels ionisés solubles dans le sérum et les micelles. Les éléments basiques majeurs comme le calcium forment des sels avec les constituants acides comme les protéines (**Amiot et al., 2002**).

L'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en calcium particulièrement bien absorbé, et en phosphore (os, mise en réserve de l'énergie) (**Soustre 2007**).

Le tableau 8 indique la composition du lait en minéraux. Les teneurs varient légèrement en fonction du stade de lactation, des races, de la saison, l'alimentation...

A cette liste s'ajoutent certains éléments comme le soufre dans les protéines et les oligo-éléments suivants, qui sont présents à de faible concentration ou à l'état de trace : manganèse, bore, fluor, silicium, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium, et probablement certains autres (**Amiot et al., 2002**).

Tableau 8: Teneurs en minéraux (g/litre) des laits de deux espèces laitières : La chèvre et la vache (BOUZID A, LABIDI H 2016)

Minéraux	Chèvre	Vache
Sodium (g/kg)	0.37	0.50
Potassium (g/kg)	1.55	1.50
Calcium (g/kg)	1.35	1.25
Magnésium (g/kg)	0.14	0.12
Phosphore (g/kg)	0.92	0.95
Chlore (g/kg)	2.20	1.00
Fer (mg/kg)	0.55	--
Cuivre (mg/kg)	0.40	0.10-0.40
Zinc (mg/kg)	5.60	3-6
Manganèse (mg/kg)	0.32	0.10-0.30

Certains éléments sont considérables sur le plan technologique (calcium et phosphate de calcium) précisément dans les phénomènes de coagulation, dans la stabilité du lait à la chaleur et dans l'aptitude à l'ultrafiltration (**Le Mens, 1985**).

5.7.Vitamines

Le lait de chèvre contient d'une part des vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constante, et d'autre part des vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**Jeant et al, 2008**).

Le lait de chèvre apporte des quantités intéressantes de vitamines du groupe B : B1 (système musculaire et nerveux ...), B2 (renouvellement et entretien des tissus...), B5 (peau, cheveux, ongles ...), B6 (formation des globules rouges...) et B3 (croissance, peau...). A la traite, le lait de chèvre contient peu de vitamine B9 (formation des globules rouges) (**Agathe M, 2014**)

Lorsqu'il est entier, Il apporte également de la vitamine D (propriétés antirachitiques chez l'enfant, métabolisme du calcium et du phosphore ...) et un peu de vit K (coagulation du sang...) (**Agathe M, 2014**).

Il comporte près de deux fois plus de vitamine A que le lait de vache (croissance, protection de la peau et muqueuses, résistance aux infections, vision). Elle se retrouve exclusivement sous forme de rétinol. Le rétinol s'avère être la forme la plus active et la plus rapidement utilisable par le corps (**Debry, 2001**). Le tableau 9 regroupe les données concernant les vitamines hydro et liposolubles.

Tableau 9: Teneurs en vitamines (mg/l) des laits de deux espèces laitières (vache et chèvre)
(**BOUZID A, LABIDI H 2016**)

Vitamines	Chèvre	Vache
B1	0.41	0.42
B2	1.38	1.72
B6	0.60	0.48
B12	0.008	0.0045
B3	3.28	0.92
B9	0.006	0.053
C	12.9	18
A	0.24	0.37
B-carotène	<0.10	0.21

5.8. AUTRES MATIERES DANS LE LAIT

Parmi les matières étrangères du lait, les unes, naturellement présentes dans le lait, voient leur teneur s'accroître à la suite de traitements industriels tels : le fer, le cuivre, le zinc qui passe dans le lait à la suite d'une pollution industrielle (**ADRIAN, 1973**).

-Les autres matières sont sensu stricto, étrangères au lait en ce sens que dans un produit obtenu dans des conditions satisfaisantes d'hygiène et d'alimentation, elles en sont absentes ou, du moins, pas décelables à l'analyse tels les pesticides. Leur présence dans le lait est intimement liée à l'évolution et au niveau du développement technologique : plus celui-ci est poussé plus les risques de contamination du lait sont grands. Les principaux risques de pollution concernent les points suivants :

Les résidus d'antibiotiques, Notamment lors d'application de traitements locaux pour les mammites (**JACQUET, 1969**). Leur présence dans le lait présente un double inconvénient. Ainsi, leur consommation et surtout par des sujets sensibles, peut provoquer des phénomènes allergiques et cancérigènes (**MITCHELL, 2005**) et peut favoriser l'installation d'une flore endogène antibio-résistante (**MOREL, 1962 ; LEMAITRE, 1963 ; VASSAL et AUCLAIR, 1965**). Les antibiotiques présents dans le lait peuvent contribuer aussi à l'inhibition de la croissance bactérienne désirable pour la production de produits fermentés tels le fromage et le yogourt et donc des problèmes de fabrication de ces derniers (**GOUNELLE DE PONTANEL et SZAKVARY, 1966**).

Lors de l'utilisation des pesticides pour la conservation des aliments, des résidus se constituent qui sont des substances polychlorées, liposolubles, et s'accumulent donc dans les graisses de réserve. Pendant la fonte des graisses, les substances emmagasinées sont brusquement remises en circulation, et des manifestations d'intoxication peuvent apparaître (**THIEULIN et al., 1966 ; BEROZA et BOWMAN, 1996**).

Les radioéléments, provenant surtout des retombées consécutives aux explosions atomiques mais aussi à l'emploi de plus en plus fréquent de ces isotopes (**MADELMONT et MICHON, 1964**). Certains, comme l'iode, ont une durée de vie suffisamment courte pour ne pas exposer un risque grave pour le consommateur (**LAUG et al., 1963**). Par contre, la longue durée de vie et la possibilité de stockage dans le corps de certains éléments tel que le Strontium, leurs rend sans doute dangereux pour la santé du consommateur (**MICHON, 1963**).

Les mycotoxines se développant sur les productions végétales peuvent passer dans le lait. Le cas a été constaté avec les aflatoxines contaminant l'arachide (**BOUTIBONNES et JACQUET, 1969**). Comme avec le radio- éléments, le danger se voit plus chez les sujets en croissance tels les enfants, que les adultes (**CALVET *et al.*, 1966**).

6. Rendement fromager du lait de chèvre

Le lait de chèvre de par son goût particulier, n'est pas toujours apprécié par les consommateurs, à l'inverse, sa transformation le rend plus digeste et très apprécié tant du point de vue organoleptique que nutritionnel (**Hennane, 2012**).

La fabrication fromagère se déroule en trois étapes principales : la coagulation du lait par la présure, l'égouttage du gel obtenu et l'affinage (ou la maturation enzymatique du caillé) qui donnera les qualités organoleptiques du fromage.

La valeur fromagère du lait est une partie complexe qui repose sur deux entités différentes : l'aptitude du lait à être transformé en fromage et celle à donner un produit fini aux caractères organoleptiques recherchés (**Remeuf, 1994**). Un lait présente une bonne aptitude à la coagulation lorsqu'il coagule rapidement, qu'il forme un gel ferme s'égouttant facilement pour donner un caillé de texture et de bonne composition, capable de se transformer après affinage en un fromage de qualité.

Selon **colin *et al.*, (1992)**, Le rendement fromager du lait est sous l'influence directe des propriétés physico-chimiques (qualités intrinsèques); qui sont principalement: la teneur en caséines, la concentration en calcium et en phosphate de calcium, le pH, la dimension des micelles. Interviennent, également, de façon significative, d'autres facteurs, tels que les proportions relatives des différentes caséines dans les micelles, et la nature des variantes génétiques de celles-ci.

Selon **Grosclaude *et al.*, (1994)**, une faible teneur en protéine coagulable constitue un défaut majeur et entraîne la production de caillé de texture friable, avec des pertes importantes et des rendements fromagers excessivement faibles.

6. Aperçu sur le polymorphisme génétique des protéines du lait de chèvre

6.1. Polymorphisme génétique des caséines

Les quatre gènes (CSN1S1, CSN1S2, CSN2 et CSN3) qui codent respectivement pour les quatre types de la caséine caprine (α 1, α 2, β et κ) sont situés sur le chromosome 4 dans l'ordre suivant : α 1-, β -, α 2- et κ - .

La grande hétérogénéité de cette fraction, qui résulte lors des modifications de ces gènes (**Marletta et al., 2007**), ainsi que sa variabilité notamment au niveau quantitatif que qualitatif, se reflète sur la composition et les propriétés technologiques (propriétés fromagères) du lait de chèvre (**Moatsou et al., 2006**).

Les effets du polymorphisme génétique des lactoprotéines sur la composition des laits et leurs propriétés technologiques ont été beaucoup étudiés chez la vache, mais dans une moindre mesure chez la chèvre et la brebis. Chez la chèvre, ce sont surtout les effets du polymorphisme de la caséine α 1 qui ont fait l'objet de travaux récents, étudiés notamment pour ses effets sur la fromageabilité du lait.

Le polymorphisme de la caséine α S1 est le plus souligné, Il affecte non seulement son propre taux de synthèse, mais également les teneurs en caséines totales (**Le Jaouen et al., 1990 ; Manfredi et al., 1993 ; Grosclaude et al., 1994**). En vue de l'existence de ce haut degré de polymorphisme génétique, cette protéine diffère de son homologue bovin par une forte variation individuelle (**Lejouane et al., 1990**).

Le polymorphisme de caséine α sl est l'un des facteurs clés qui déterminent les propriétés technologiques importantes de lait, comme la rentabilité et le rendement en fromage (**Devold et al., 2010**).

Ainsi, pour cette fraction il existe 17 allèles pouvant être regroupés en 4 groupes, le variant « fort » représenté par les allèles A, B1, B2, B3, B4, C, H et L et associés à des taux de synthèse élevés de 3,6 g/l, le variant « intermédiaire » représenté par l'allèle E et associé à des taux de synthèse moyens de 1,6 g/l, deux variants « faibles » F et D associés à un taux de synthèse faible de 0,6 g/l et un dernier variant « nul » O dépourvu de caséine α S1 (**Martin et Leroux, 2000**).

Chaque variant a un impact technologique significatif, c'est ainsi que pour le paramètre « diamètre des micelles » l'influence est nette. Les laits issus du variant (AA), ont des micelles de diamètre plus faible que les laits (EE), eux même de diamètre inférieur aux laits (FF), (AA < EE < FF) (**Remeuf et al., 2001**) . Ainsi, les cinétiques de coagulation enzymatique montrent que les laits d'animaux homozygotes pour le variant fort (A/A) présentent une fermeté du gel présure supérieure par rapport au lait (EE) lui-même supérieur au lait (FF), la même tendance est suivie pour la vitesse de raffermissement (**Remeuf et al., 2001**)

Le lait de chèvre avec des allèles forts ont été associés à des rendements fromagers élevés et du lait caillé plus ferme que le lait provenant d'animaux avec allèles faible (**Clark et Sherbon, 2000 ; Tziboula-Clarke, 2003 ; Albenzio et al., 2009**).

Leroux et al., (1992) ont conclu que la délétion du variant F était effectivement due à une anomalie d'épissage de l'ARN messager, induite par la délétion d'un seul nucléotide dans la séquence du 9^e exon. Curieusement, cette délétion provoque des anomalies d'épissage multiples et complexes, qui se traduisent par une grande hétérogénéité de structure des ARN messagers. Les mécanismes par lesquels cette délétion ponctuelle est susceptible d'entraîner la réduction du taux de synthèse constatée pour l'allèle F restent à élucider.

Alors que pour « le degré de minéralisation calcique des micelles », le phénomène s'inverse. Les taux pour les laits (EE) et (FF) sont supérieurs aux laits (AA) (**Grosclaude et al., 1994**).

Par ailleurs le polymorphisme génétique de caséine $\alpha 1$ a des effets importants sur la matière grasse du lait de chèvre et sa composition en AG (**Chilliard et al., 2006**). Des études ont démontré un lien entre le génotype caprin de caséine $\alpha 1$ et la taille des globules gras (**Neveu et al., 2002**) avec de plus de petits globules pour allèles nul (OO) que pour les forts piles (AA). Les laits (FF) étant les moins riches en matière grasse se caractérisent par des anomalies de comportement à l'écémage avec aussi un degré de lipolyse plus important (**Raynal-Ljutovac et al., 2004**). Ce qui est à l'origine de la flaveur « chèvre » plus prononcée pour celui-ci (**Martin et Leroux, 2000**) et est bien moins marqué pour les fromages issus des laits (AA) (**Remeuf et al., 2001**). Ces différents paramètres font que le lait (AA) est un lait proche du lait bovin (**Grosclaude et al., 1994**).

Enfin, plusieurs travaux ont mis en évidence une flaveur de chèvre légèrement moins marquée dans les fromages fabriqués avec les laits de type $\alpha 1$ A/A. (**Delacroix-Buchet A et al., 1996**)

En comparaison du polymorphisme génétique de la caséine α S1 caprine, les travaux sur le polymorphisme des autres espèces de caséine sont très faibles et ne montrent pas des intérêts sur les performances technologiques du lait de chèvre, dans le tableau ci-dessous, nous avons résumé toutes les variantes génétiques des autres caséines.

6.2. Polymorphisme génétique des protéines sériques

La α -lactalbumine et β -lactoglobuline codé respectivement par les deux gènes α -LA et β -LG, sont les protéines les plus importantes en raison de leur grande teneur en protéines totales du lactosérum et de l'importance pour l'industrie alimentaire (**Janovi et al.,, 2005**)

Les deux protéines et β -lactoglobuline, sont caractérisées par une faible variabilité génétique en comparaison avec leurs homologues bovins (**Strzelec et Niznikowski, 2009**). Selon **Moatsou et al.,(2006)** deux types de β -lactoglobuline et trois Variantes d' α -lactalbumine ont été identifiés chez le lait de chèvre.

Cependant, leur importance physiologique est inconnue sauf pour l' α -lactalbumine qui est nécessaire pour la synthèse de lactose (**Park et al., 2007**).

Chapitre III : Caractéristiques du lait de chèvre

1. Les Caractéristiques organoleptiques du lait de chèvre

L'aspect, l'odeur, la saveur et la couleur sont les paramètres organoleptiques qui caractérisent la qualité du lait, et se trouvent en relation intime avec les propriétés et la perception de la qualité par le consommateur (**Rheotest, 2010**).

1.1. Couleur :

Blanc mat. En raison de l'absence de β -carotènes, le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache (**Chilliard, 1997**), blancheur caractéristique que l'on retrouve dans tous les produits laitiers à base de lait de chèvre comme les fromages les yaourts ou bien le beurre. Il est à noter qu'il se produit un changement de couleur vers 90-120 ° où il y a un blanchissement (attribué à la dénaturation protéique) suivi par la suite d'un brunissement dû à l'interaction protéine/sucre. (**Jouhannet P, 1992**)

1.2. Odeur :

Fraichement traité, le lait de chèvre possède une odeur assez neutre parfois en fin de lactation, il a une odeur particulière dite Caprique rappelant celle des acides caprylique et caprique. (**Cholle. A et Camus.A, 1937**).

1.3. Saveur :

Douceâtre agréable et légèrement sucré. Le lait de chèvre fraîchement traité possède une saveur plutôt neutre ; mais acquiert après stockage au froid (vers 4°) une saveur caractéristique, plus relevée que le lait de vache (**Zeller, 2005 ; Joyandeh et Abroumand, 2010**). Cette saveur, en grande partie est due à certains acides gras libres (**Jaubert, 1997 ; Morgan et al., 2001**), elle est accentuée par la lipolyse (**Jaubert, 1997**) et disparaît après l'ébullition. Dans certains pays anglo-saxons, la saveur du lait de chèvre est un critère de sélection car sa commercialisation en l'état est très répandue.

1.4. Aspect :

Homogène, propre, sans grumeaux. (**Abdelfattah& Saidene, 2013**).

2. Caractéristiques physico-chimiques

Définition du lait du point de vue physico-chimique

Le lait est une émulsion (dispersion grossière) de matière grasse dans une solution colloïdale de protéine dont le liquide intermicellaire est une solution vraie (**Kodio, 2005**).

2.1. PH

Le pH est le cologarithme de la concentration d'ions H^+ dans une solution ($pH = -\log [H]$). Il permet de déterminer « l'acidité actuelle » du lait, qui peut être mesurée soit par le pH-mètre soit par le papier Ph.

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité (**Amiot et al., 2002**). Un lait normal de chèvre à sa sortie de la mamelle est proche de la neutralité avec une moyenne de 6,7, qui est presque égale à celle du lait de vache ($pH = 6,6$) (**Remeuf et al., 1989; Le Jaouen et al., 1990**). **Sina, (1992)** a rapporté que cette légère acidité du lait est principalement due à la présence des caséines et d'anions de phosphate et de citrate.

Toute valeur de PH du lait située en dehors de l'intervalle [6,45 à 6,90] traduit une anomalie (**Diof, 2004**). Il en résulte la détection des mammites par simple mesure du pH; tout lait alcalin ($pH > 7$) est considéré comme lait mammiteux. L'alcalinité est due à l'albumine et aux caséines des cellules somatiques du tissu mammaire (**Bosset et al., 2000**). **Gorban et Izzeldin (1997)** signalent que le pH et le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau.

La fermentation ramène ce pH en dessous de 5 (**Seydi, 2004**). S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du

pH.

Néanmoins, en raison d'un polymorphisme génétique important des protéines du lait de chèvre, se démarque une variabilité du pH suivant le type génétique en question (**Remeuf et al., 1989**).

2.2. L'acidité titrable

L'acidité titrable est un critère qui représente un indice de la qualité de conservation du lait (**CASSINELLOC et PEREIRA, 2001**) et qui apparaît uniquement lors d'un développement de la flore lactique influencée par la combinaison entre l'augmentation de la température et de la durée de conservation du lait.

Elle est exprimée en degrés Dornic (°D) [$1^{\circ}\text{D} = 0.1\text{g}$ d'acide lactique par litre de lait], et varie de 15 à 18°D (**Belarbi M, 2015**). Un lait avec une acidité $\geq 27^{\circ}\text{D}$ coagule au chauffage ; un lait avec une acidité $\geq 70^{\circ}\text{D}$ coagule à froid.

A sa sortie du pis, le lait a une certaine acidité due à la présence de protéines (surtout les caséines et la lactalbumine), de substances minérales et d'acides organiques (acide citrique principalement) ; c'est l'acidité apparente ou naturelle du lait. A température ambiante, les bactéries fermentent le lactose et produisent l'acide lactique constituant l'acidité développée (**Vignola, 2002**).

Contrairement au pH du lait qui mesure les ions H^+ en solution donnant des informations sur la qualité du lait, l'acidité titrable mesure la concentration des composés acides du lait ; c'est l'acidité totale constituée par l'acidité apparente et l'acidité développée. Son augmentation est donc l'indice de lait anormal (**Vignola, 2002**).

L'acidité du lait de chèvre reste assez stable durant la lactation et oscille entre 0,16 et 0,17% d'acide lactique (**Veinoglou et al., 1982**). En technologie fromagère, celle-ci réduit le temps de coagulation du lait caprin par la présure et aussi accélère la synérèse du caillé (**Kouniba, 2007**). Par contre la saison influence sur l'acidité du lait de chèvre qui a :

- En hiver: Une moyenne 17,5 à 18°D
- Au printemps: Une moyenne de 19,4 à 21,3°D
- En été: Une moyenne de 23 à 24 °D
- En automne: Une moyenne de 20 à 21°D

Il faut aussi noter que ces chiffres peuvent aussi varier selon la propreté du lait (**Fatoux 1973**).

2.3. Densité

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau (**POINTURIER, 2003**). Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20 °C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20 °C. Ce paramètre est très recherché en industrie car il permet la détection des fraudes.

La densité du lait de chèvre est relativement stable. À 15 °C, elle est de l'ordre de 1,027 à 1,035 (Ansart, 1995). Inférieure à celle du lait de vache (1,036) (**Veinoglou et al., 1982**).

Toutefois, il faut noter que cette densité est influencée par deux facteurs : la teneur en matière grasses ainsi que la teneur en matière sèche.

La densité globale du lait varie de façon inverse à la teneur en graisse (**FILIPOVITCH, 1954**). Un écrémage augmentera la densité et un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (**Amiot et al., 2002**).

Elle est également liée à sa richesse en matière sèche, un lait pauvre en matière sèche aura une densité faible (**Goursaud, 1985**). Elle dépend aussi de leur degré d'hydratation, notamment en ce qui concerne les protéines.

Ainsi, la densité varie approximativement en sens inverse de la quantité de lait produite c'est à dire qu'elle sera maximale en décembre /janvier et minimale en mai/juin. Cette densité selon jenness dépend aussi des techniques de mesures ainsi que naturellement de la température à laquelle elles ont été réalisées.

La notion de densité est remplacée par celle de masse volumique, qui ne fait pas référence à l'eau mais qui fait le rapport entre la masse d'une certaine quantité de lait et son volume.

Il convient de signaler que le terme anglais «density» prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique et non la densité (**Pointurier, 2003**).

2.4. Point de congélation

Le point de congélation d'un liquide, ou point cryoscopique, est la température à laquelle l'eau liquide et la glace sont en équilibre. Le point de congélation du lait est inférieur à celui de l'eau pur (0 °C pour une pression de 1 bar) du fait des interactions entre les molécules d'eau et les solutés. Cette différence, appelée abaissement cryoscopique, augmente avec le nombre de particules dispersées. Ainsi, les particules les plus nombreuses, seront les principaux responsables de cet abaissement ; le lactose est responsable de 55%, les sels et les petites molécules contribuent à 45% (**Pointurier, 2003**).

Le point de congélation du lait de chèvre varie entre -0,540 et -0,573 °C (**Juàrez et Ramos, 1986**). Celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. Il est considéré comme le paramètre physico-chimique le plus constant.

Cependant, tous les traitements du lait ou les facteurs de variation de sa composition (le stade de lactation, la saison, l'alimentation et les pratiques d'élevages) peuvent induire de légères fluctuations (**MATHIEU, 1999 ; Pointurier, 2003**).

Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait. Ceci constitue une technique pour le service des fraudes pour déceler les laits ayant été frauduleusement mouillés. En effet, plus le lait est sujet au mouillage plus son point de congélation s'élève vers 0° C. Un point de congélation de -0,501°C indique un mouillage de 7,20% ; un point de -0,270°C indique un mouillage de 20%.

2.5. Point d'ébullition

D'après **AMIOT et al., (2002)**, on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression de l'atmosphère à laquelle elle est soumise. En terme simplifié, c'est la température où le lait passe de l'état liquide à l'état gazeux. Il joue un rôle essentiel dans l'industrie laitière notamment lors des traitements thermiques du lait.

Le lait boue au-dessus de 100°C ; entre 17 et 15 (**Larpen, 1990**). Légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilise (**Vignola, 2002**), au cours du chauffage, il se produit des changements dans l'équilibre qui influent sur le résultat : Ions ↔ molécules ↔ micelles.

2.6. Conductivité électrique

La conductivité est une propriété électrique définie par la capacité d'un corps à conduire le courant. Le lait est un système binaire constitué de deux phases ; l'une est conductrice, représentée par la solution aqueuse des protéines et des sels minéraux, l'autre est non conductrice, représentée par les globules gras (**Curt, 1997**).

Elle est due principalement à la présence d'électrolytes minéraux (chlorures, phosphates, citrates), qui abaissent la résistance au passage du courant, (**Fall 1997**).

Une concentration élevée en chlore (112 à 154 mg/100ml) provoque une augmentation de la conductivité du lait de chèvre selon **parkash et jenness (1968)**.

Les mesures de la conductivité électrique s'effectuent à une température de 25°C et sont exprimées en $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$. Elles seraient selon (**Jenness, 1980**) de $0,0062 \text{ ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ et de $0,0052 \text{ ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$ trouvées lors d'une étude sur les chèvres d'Egypte.

D'une certaine manière, cette mesure permet une estimation de la quantité des sels dissouts dans le lait. Selon certains auteurs ce caractère physico-chimique varie, chez le même animal, parfois dans des proportions considérables, pouvant atteindre 30%; La saison de la récolte y joue un certain rôle, mais il semble que la concentration ionique globale dépend de l'alimentation des animaux, le rôle de ce dernier facteur est plus net que dans le cas de l'abaissement du point de congélation. (**Kopaczewski W, 1948**)

La dilution avec de l'eau distillée modifie fortement ce caractère physico-chimique (**Kopaczewski W.1948**). La température et l'acidité influencent aussi sur sa valeur (**Prentice, 1962 ; Pointurier, 2003**).

2.7. Viscosité

La viscosité d'un liquide est définie par sa résistance à l'écoulement. La viscosité du lait dépend de sa composition en MG, en caséines, en protéines sériques et en lactose. La température l'influence également, lorsque celle-ci s'abaisse la viscosité augmente en raison de l'accroissement de la viscosité de l'eau et du volume hydrodynamique des micelles de caséines, ou lorsque le pH augmente, par augmentation du volume micellaire (**Juàrez et Ramos, 1986**).

La pasteurisation pendant 30 minutes à une température de 63°C a peu d'effets sur la viscosité alors qu'un chauffage à 80°C pendant seulement une minute l'augmente.

L'homogénéisation du lait provoque une augmentation de sa viscosité, ce qui a été constaté par WIEGNER et par BUGLIA (**Kopaczewski. W, 1948**). Elle a une moyenne de 2,12 cP (centpoises) chez la chèvre (**Juàrez et Ramos, 1986**). **RHEOTEST (2010)** a montré que la viscosité du lait dépend également des paramètres technologiques.

Selon **Amiot et al.,(2002)** la viscosité est l'un des critères les plus importants de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux); il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée.

2.8. Indice de réfraction

Les différents acides gras du lait se répartissent dans la matière grasse ce qui affecte la façon dont elles réfractent la lumière. De ce fait. C'est une méthode rapide pour évaluer la fermeté de la matière grasse. (**MAJDI A. 2008**).

Sa détermination se fait grâce au sérum du lait après élimination de la graisse et de la caséine. Cet indice est relativement constant. La mesure est effectuée par un réfractomètre et ne convient pas aux laits en voie d'acidification car il s'agit en fait du dosage indirect du lactose. (**Alais C., 1984**).

Tableau 10: Caractéristiques physiques de lait de différentes espèces (FAO 1995)

Constantes	Vache	Chèvre	Brebis
Energie (kcal/litre)	705	600- 750	1100
Densité du lait entier à 20 °C	1,028-1,033	1,027-1,035	1,034 -1,039
Point de congélation (°C)	-0,520 à -0,550	-0,550 à -0,58	- 0,570
pH à 20°C	6,60-6,80	6.45-6,60	6,50-6,85
Acidité titrable (°Dornic)	15-17	14-18	22-25
Tension superficielle à 15°C (dynes cm)	50	52	45 - 49
Conductivité électrique à 25°C (siemens)	45 x 10-4	43-56 x 10-4	38 x 10-4
Indice de réfraction	1,45-1,46	1,35-1,46	1,33 - 1,40
Viscosité du lait entier à 20 °C (centpoises)	2,0-2,2	1,8-1,9	2,86 - 3,93
Extrait sec total (g/L)	128	134	183
Extrait sec dégraissé (g /L)	91	92	108

3. Caractéristiques microbiologiques

Le lait est un aliment de choix : il contient des graisses, du lactose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et 87% d'eau. Son PH est de 6,7. Il va être un substrat très favorable au développement des microorganismes.

3.1. Flore originelle ou indigène

Le lait frais provenant d'une chèvre saine à la sortie du pis et recueilli stérilement ne contient quasiment pas de germes, mais seulement des microorganismes utiles (tableau 11). Cette flore qu'il renferme en cet instant et en ces conditions est la flore originelle. La presque totalité de cette flore est représentée par des bactéries lactiques intervenant dans la transformation future du lait.

En général, elle serait moins de 5.10³ microorganismes/ml (Richard et Desmazeaud, 2006). Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation, la race et d'autres facteurs (Champagne *et al.*, 2000).

Tableau 11: Les microorganismes utiles du lait (Paradal, 2012).

Bactéries	Levures	Moisissures
-<i>Streptococcus thermophilus</i> -<i>Streptococcus lactiscremoris</i> -<i>Streptococcus diacetylacti</i> sp -<i>Leuconostocs</i> -<i>Lactobacillus bulgaricus</i> -<i>Lactobacillus helveticus</i> -<i>Lactobacillus lactis</i>	-<i>Candida</i> -<i>Candida utilis</i> ou encore <i>Candida torvlopsis</i>	-<i>Penicillium album</i> -<i>Penicillium glaucum</i> ou <i>roquefortis</i> -<i>Penicillium candidum</i> ou <i>caseicolum</i> -<i>Geotrichumlactis</i>

3.2. Flore de contamination

La Contamination exogène est en général massive par rapport à la contamination d'origine mammaire. Elle est extrêmement variable en importance selon les conditions de production et de conservation du lait. (Boubezari, 2010).

Selon GUIRAUD, (1998), les principales sources de contamination sont :

-**Fèces et téguments de l'animal** : Coliformes, Clostridies, et éventuellement des Entérobactéries pathogènes (salmonella).

-**Sol** : Streptomyces, bactéries sporulées, spores fungiques, listéria.

-**Litière et aliments** : flore banale variée, en particuliers, Lactobacilles, Clostridium butyriques (Ensilages).

-**Air et eau** : flore diverse dont pseudomonas, bactérie sporulée, etc.

Équipements de traite et de stockage du lait : flore lactique, microcoque, Lactobacilles, Streptocoques, Leuconostocs, levure, cette flore sera souvent spécifique d'une usine à une autre.

-**Manipulateurs** : Staphylocoques dans le cas de traite manuelle.

-**Vecteurs divers** : insectes en particulier, flore de contamination fécale.

Cette flore de contamination peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (Vignola, 2002).

3.2.1. Flore d'altération

La flore d'altération cause des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduit la vie de tablette du produit laitier. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont Pseudomonas sp, Proteus sp., les coliformes, soit principalement les genres Echerichia et Enterobacter, les sporulés telles que Bacillus sp. (St-Gelais *et al.*, 1999). Et certaines levures et moisissures qui contribuent efficacement par leurs activités enzymatiques élevées et variées à la protéolyse et à la lipolyse de la pâte au cours de l'affinage. (Eck et Gillis, 1998).

Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. L'un n'exclut pas l'autre (Vignola *et al.*, 2002).

3.2.2. Flore pathogène

La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources : l'animal, l'environnement et l'homme (**Guiraud, 1998**). Des études réalisées sur la flore microbienne du lait de chèvre ont mis en évidence la présence de *Staphylococcus aureus* dans 3 % des cas de mammites (**Contreras et al., 1993**).

Les exigences réglementaires pour la protection de la santé publique imposent des normes sanitaires stricts vis-à-vis des trois pathogènes majeurs qui sont : *Brucella melitensis*, *Listeria monocytogenes* et *Salmonella* sp (**Guiraud, 1998**).

3.3. Les principaux microorganismes pathogènes

La contamination microbienne des aliments constitue une obsession dans les pays en voie de développement où *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Staphylococcus* et *Streptococcus* sont les causes fréquentes des maladies transmissibles par les aliments. (**Diof L. 2004**)

➤ ***Staphylococcus aureus***

Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus*. *S. aureus* se présente comme une coque en amas (grappes de raisin), Gram positif et catalase positif. Sa teneur en caroténoïdes lui confère une couleur dorée à l'origine de son nom. (**Journal of Experimental Medicine**).



Figure15: Isolement des *S. aureus* réalisé sur milieu CHAPMAN (Anonyme 6)

Les symptômes de l'intoxication alimentaire staphylococcique se manifestent en général soudainement avec des nausées et des vomissements sévères qui apparaissent environ 2 à 8 heures après l'ingestion de l'aliment contaminé. Parmi les autres symptômes peuvent figurer des douleurs abdominales proches de crampes, une diarrhée, et parfois de la fièvre et des céphalées. Des pertes importantes d'eau et d'électrolytes peuvent entraîner une asthénie et une hypotension artérielle importante (choc). Les symptômes durent en général moins de 12 heures, et la guérison est le plus souvent complète. Parfois, l'intoxication alimentaire à staphylocoque est mortelle, surtout chez les jeunes enfants, les personnes âgées et les patients affaiblis par des maladies chroniques **(Thomas G 2019)**.

➤ **Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne. Cocci Gram positifs, formant des chaînettes en milieu de culture liquide, catalase négative, capables d'hydrolyser l'esculine et de cultiver à 44°C **(AFNOR, 1994)**.

L'activité métabolique des streptocoques varie selon les espèces mais tous se caractérisent par l'absence de catalase et l'utilisation de la voie fermentaire, sans production de gaz, pour dégrader les glucides. Ils ne possèdent aucune enzyme respiratoire, ni cytochrome-oxydase. Leur métabolisme est obligatoirement anaérobie. Ils apparaissent toutefois aéro-anaérobies facultatifs sur les géloses profondes car ils sont indifférents vis-à-vis de l'oxygène. Cependant ils se cultivent mieux en anaérobiose. Les streptocoques sont responsables de septicémies **(Guiraud, 2003)**.

➤ **Salmonelles**

Les Salmonelles sont des bacilles qui se cultivent facilement dans les milieux usuels, aérobies, anaérobies facultatifs, non exigeants. Leurs pH optimal de développement se situe entre 7,2 et 7,4 et leur température optimale est de 37°C. Ce sont des entérobactéries mobiles, possèdent un antigène somatique O et un antigène H. Leur aspect sur gélose Mac Konkey : colonies moyennes de 1,5 à 3 mm de diamètre, rondes, brillantes, translucides **(Guiraud, 2003)**.

Elles sont responsables des salmonelloses humaines ou animales consécutives à une ingestion d'aliment contaminés. Chez l'homme, les aspects cliniques varient selon les sérotypes.

Les gastro-entérites sont consécutives à la consommation d'aliment souillé par ces bactéries. La dose infectante est estimée à environ 10^6 de salmonelles alors que l'absorption de quelques bacilles typhiques suffit pour entraîner une typhoïde. La consommation en collectivité de tels produits contaminés donne lieu à des épidémies (Guiraud, 2003).

➤ **Les coliformes**

✓ **Les coliformes totaux**

Sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000 ; Edberg *et al.*, 2000). Des coliformes banals absorbés en quantité massive peuvent déclencher des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée), habituellement de courte durée.

✓ **Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants**

Sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (E. coli) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Elmund *et al.*, 1999; Santé Canada, 1991; Edberg *et al.*, 2000).

3.4. Conditions de croissance et prolifération des bactéries

Outre l'environnement nutritionnel, quatre facteurs essentiels conditionnent la prolifération des micro-organismes et les transformations qu'ils induisent :

➤ **Sensibilité à la température**

Les micro-organismes, comme tous les êtres vivants, sont profondément affectés par la température de leur environnement. Ce paramètre physique influence la multiplication microbienne ainsi que le métabolisme. Selon la température optimale de développement, les micro-organismes sont classés en trois catégories: (LECLERC H. et MOSSEL D.A.A. 1989)

- Les germes mésophiles qui préfèrent une température moyenne comprise entre 20 et 40°C.
- Les germes psychrophiles dont la température optimale de croissance est située entre 0 et 15°C.
- Les thermophiles qui se multiplient préférentiellement entre 45 et 85°C.

La flore qui contamine le lait possède en général un caractère mésophile dominant; le refroidissement permet de ralentir la prolifération et les transformations subséquentes du substrat, mais non de les arrêter totalement. A l'inverse une élévation de la température au-delà de l'optimum de croissance se traduit par une destruction progressive et sélective des germes en fonction de leur thermo sensibilité particulière; la plupart sont détruits par une thermisation (<65° C) et une pasteurisation (< 100° C) de 15 à 60 secondes, mais certaines formes sporulées nécessitent une stérilisation (115° C) pendant 10-20 minutes (**Stadhouders et Veringa, 1973**).

➤ Sensibilité à l'oxygène

La présence ou non de l'oxygène est déterminante dans la croissance des micro-organismes. On distingue les bactéries aérobies strictes qui nécessitent l'oxygène libre pour leur développement, celles qui sont anaérobies facultatives et celles qui sont anaérobies strictes (**RODIER, 1975**).

La majorité des germes du lait sont aérobies, en particulier les levures, les moisissures et la plupart des bactéries. Leur développement est donc facilité lorsque la solubilisation d'oxygène dans le lait est accrue, par exemple par agitation et par refroidissement, ou lorsqu'une aération satisfaisante est maintenue dans les locaux, en particulier dans les salles d'affinage des fromages (**Ramoset Juarez, 1981**).

➤ Sensibilité au pH

L'acidité du milieu conditionne fortement le développement des micro-organismes. Les substrats neutres comme le lait frais sont propices au développement de tous les microorganismes, mais l'optimum de croissance ne coïncide pas toujours avec la neutralité, certains germes ayant un caractère acidophile ou basophile plus ou moins marqué. La croissance des bactéries en général, à l'exception de la flore lactique, est inhibée par une acidification faible ou moyenne, celle des levures et des moisissures n'est ralentie qu'à des acidités très fortes.

L'alcalinisation du substrat diminue en général le développement des micro-organismes. L'ajustement du pH des produits laitiers à la sensibilité particulière des germes désirables ou indésirables permet de maîtriser leur croissance et constitue un des fondements de beaucoup de procédés de préservation utilisés en technologie laitière et en particulier en fromagerie (Kuzdzal et Kuzdazal-savoie, 1966).

➤ Sensibilité à l'activité de l'eau

Tous les micro-organismes possèdent une sensibilité particulière à la disponibilité de l'eau; la diminution progressive de la teneur en eau libre réduit leur croissance dans l'ordre suivant: bactéries, levures, moisissures. Dans le lait, l'activité de l'eau élevée est favorable au développement de tous les germes. Pour les produits laitiers transformés subissant une concentration de la matière sèche, l'abaissement de la disponibilité de l'eau est primordiale et constitue un des facteurs essentiels conditionnant leur aptitude à la conservation (Kuzdzal et Kuzdazal-savoie, 1966).

3.5. Limites microbiologiques dans le lait

Le principe de contrôle de la qualité du lait des espèces animales est très simple, il suffit de comparer les résultats obtenus par l'analyse microbiologique avec les normes et les règles citées dans la réglementation. Cette comparaison a pour but de juger de l'acceptation ou le refus d'un lait.

Tableau 12 : Limites microbiologiques dans le lait cru

Micro-organisme	Limites microbiologiques (UFC/g ou UFC/ml)	Référence
FATM (Germes aérobies à 30° C)	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	J.O.R.A (2017)
Staphylocoques à coagulasse (+)	$10^2 - 10^3$	J.O.R.A (2017)
Coliformes Totaux	10^6	Guiraud(1998)
Coliformes Fécaux	$5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3$	J.O.R.A (2017)
Streptocoques Fécaux	Absence dans 0. 1ml	J.O.R.A (1998)
Salmonelles	Absence dans 25ml	J.O.R.A (2017)
Clostridium Sulfita-réducteurs	50	J.O.R.A (1998)
Levures et Moisissures	10UFC/ml	(Barral <i>et al.</i> , 2008; Casalta <i>et al.</i> , 2009)

Chapitre IV: Qualité du lait caprin et facteur de variation

1. Qualités du lait de chèvre

1.1. Qualité nutritionnelle

D'un point de vue énergétique, avec 710 contre 650 kcal/l pour le lait de vache, le lait de chèvre constitue une source importante d'énergie, expliquant ainsi de nombreuses observations de gain de poids chez l'enfant malade (**Dela Torre et al., 2008**). De plus, celui-ci est d'une biodisponibilité supérieure au lait de vache (**Hossainihillali, 1993**).

Le lait de chèvre qu'il soit entier ou demi-écrémé présente des teneurs supérieures en magnésium, potassium, sodium et vitamine B3 par rapport au lait de vache.

De plus, le lait de chèvre est une source de calcium et de phosphore, qui servit à maintenir le fonctionnement normal des os. Un verre de lait de chèvre de 150 ml répond à presque 20% des Apports Quotidiens de Référence en calcium et presque un quart de ceux en phosphore.

Le lait de chèvre est riche en protéines. En plus de l'aspect quantitatif, le lait de chèvre contient également des protéines qui fournissent tous les acides aminés essentiels. Ce sont les composants des protéines que le corps humain ne peut pas synthétiser, et qui doivent être fournis par l'apport alimentaire (**Anonyme 7**).

L'étape d'affinage au cours de la fabrication de fromage permet à d'autres vitamines de se développer. La bûche de chèvre est ainsi riche en vitamines B2 et B9 qui Contribuent notamment à apaiser la fatigue (**Anonyme 7**).

-Le glutathion peroxydase est un antioxydant qui agit conjointement avec le sélénium. « Le lait de chèvre contient presque autant de sélénium que le lait maternel et deux fois plus de glutathion peroxydase que le lait de vache » . Ce qui confère un pouvoir particulier au lait de chèvre.

-La xanthine oxydase sert à la dégradation des purines. Ce qui entraîne une augmentation d'acide urique dans le sang. « Le lait de chèvre contient beaucoup moins de xanthine oxydase que le lait de vache, ce qui peut être utile dans les cas de goutte ou chez les personnes qui ont tendance à avoir un taux élevé d'acide urique dans le sang. » (**Lambert-Lagacé L et associées, 1999**).

➤ Digestibilité des protéines

Les protéines contenues dans le lait de chèvre ne sont pas aussi coagulables que celles du lait de vache. Par conséquent, le caillé formé lors de la digestion est plus petit et plus friable.

Les acides gastriques disposent d'une plus grande surface de contact avec les protéines. Cette réalité accélère l'action des enzymes et assure une vidange gastrique accélérée (**Lambert-Lagacé L .1999**).

➤ Digestibilité des gras

Les globules gras du lait de chèvre sont de dimension plus petite que les globules gras du lait de vache. L'action des lipases s'avère augmentée par l'augmentation de la surface de contact entre les lipases et les globules de gras. De plus, les globules gras du lait de chèvre contiennent plus de triglycérides à chaînes courtes et moyennes. Ces triglycérides à chaînes courtes et moyennes ont la particularité d'être hydrosolubles. La solubilité dans l'eau déclenche immédiatement l'action des lipases et l'absorption des acides gras sans avoir recours aux micelles formées par les acides biliaires. Les triglycérides à chaînes moyennes passent directement dans la circulation par l'intermédiaire de la veine porte. (**Sylvain N., 2004**).

➤ Allergies

Plusieurs controverses au sujet des allergies au lait persistent à travers le monde. Plusieurs médecins tentent le lait de chèvre en remplacement du lait de vache. D'autres perçoivent ce changement comme trop risqué pour le patient. (**Sylvain N., 2004**) D'une part, le lait de chèvre contient également des protéines qui peuvent causer des allergies. D'ailleurs, les principales protéines qui provoquent de l'Allergie aux protéines du Lait de Vache (APLV) se rapprochent beaucoup à celles du lait de chèvre. Et donc, plus de 90% des enfants atteints d'APLV sont aussi allergiques aux protéines de lait de chèvre, on parle d'allergie croisée (**Bellioni-Businco B., et al., 1999**).

En revanche, l'allergie aux protéines de lait de chèvre affecte moins d'individus que l'APLV. Certaines protéines responsables de la réaction allergique sont en proportions différentes entre lait de vache et lait de chèvre. Une étude scientifique a ainsi affirmé qu'il faudrait plus de lait de chèvre pour inciter une réaction chez des patients allergiques au lait de vache. (**Bellioni-Businco B., et al., 1999**).

En général, les protéines de lait de chèvre peuvent induire des allergies mais leur fréquence reste plus rare que celle de l'APLV.

➤ Intolérance au lactose

La tolérance au lactose du lait de chèvre contient en moyenne 4,2g de lactose pour 100ml, ce qui est légèrement inférieur au lait de vache qui affiche 4,7g de lactose pour 100ml. (**Table CIQUAL, 2017**). Avec cette teneur en lactose, la consommation d'un verre de lait de chèvre de 150 ml (Apport en lactose de 6,0 g) peut être considérée comme tolérable par des personnes diagnostiquées intolérantes au lactose. En effet, une étude réalisée sur des sujets déficients en lactase (l'enzyme qui dissocie le lactose) a montré qu'ils étaient encore capables de consommer jusqu'à 7 g de lactose à la fois sans avoir davantage de symptômes intestinaux que lors de la consommation de lait sans lactose (**Vesa TH et al., 1998**).

➤ Impacts sur les différentes clientèles

Le lait de chèvre enrichi en acide folique représente un choix santé à toutes les étapes de la vie :

- ✓ Les jeunes enfants ont un système digestif immature. La digestibilité des protéines et des lipides du lait de chèvre peut réduire ou éliminer les problèmes digestifs des enfants de plus de 9 mois.

Il peut aussi être utilisé comme aliment thérapeutique. Dans ce domaine, les exemples sont nombreux. On citera un extrait de la thèse de médecine d'**Édouard Desjeux, en 1904** : Observation (1902). Enfant de 9 mois. L'enfant avait été vu par le Dr Sabouraud, qui désespérait de son état... Traitement : 2 doses de lait de chèvre/j de 150 g chacune. Résultats manifestes : les selles deviennent mastic... et prennent l'odeur caractéristique du lait de chèvre. Reprise du poids. Pousse dentaire normale. Disparition presque totale de l'eczéma"

- ✓ Les femmes enceintes souffrant de difficultés digestives notamment en début et en fin de grossesse, pourraient s'en débarrasser par une consommation de lait de chèvre tout en fournissant les éléments nutritifs essentiels au développement normal de leur enfant.
- ✓ Les personnes âgées ayant des difficultés à digérer le lait peuvent tenter le lait de chèvre avant d'éliminer cette source.

1.2. Qualité technologique

La fabrication de fromage reste la forme principale de valorisation du lait de chèvre. L'aptitude fromagère de ce lait est sous l'influence directe de sa composition physico-chimique (qualité intrinsèque) (**Piacere et Elsen, 1992**). Cette qualité, sujette à forte variation, peut se répercuter défavorablement sur le produit final (**Le Jaouen et al., 1990**).

Le lait de chèvre a un comportement technologique différent de celui du lait de vache, en raison de sa forte variabilité protéique (**Le Jaouen et al., 1990**).

Néanmoins, même à teneur égale en caséines, le lait de chèvre n'a pas le même comportement que le lait de vache vis-à-vis de la présure. Le gel formé est moins ferme, plus friable. Il est caractérisé par un temps de prise plus court et une vitesse de raffermissement plus grande. (**Le Jaouen et al., 1990**),

La grande taille des micelles caprines explique la faible fermeté du gel du fait de la corrélation négative entre diamètre des micelles et fermeté du gel (**Pierre et al., 1998**).

2. Facteurs influençant la composition du lait

Le lait qui arrive à l'usine constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe, ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits (**WEBER, F., 1987**)

La composition des différents laits d'animaux varie considérablement d'une espèce à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même espèce, voire à l'intérieur des types ou des races d'espèces identiques (**SIBOUKEUR, 2008**).

Selon **Bonyi et.,al (2005) ; Pougheon et Goursaud (2001); Soryal et.,al (2004)** la composition chimique du lait varie sous l'effet d'un grand nombre de facteurs, ces principaux facteurs de variation sont soit Intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, l'âge au premier vêlage, état de gestation ...) , soit extrinsèques liés au milieu dans lequel l'animal vit et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation, hygiène, traite...).

Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

Pour certains facteurs, comme le stade physiologique et la saison où l'éleveur n'a aucun moyen d'action, il est important d'en connaître les influences car elles peuvent justifier certaines variations de la composition.

En revanche, les facteurs métrisables tels que les facteurs génétiques et l'alimentation sont très intéressants, puisqu'ils permettent à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques. De ce fait, ces facteurs restent donc considérés comme les principaux leviers d'action, en tenant compte que la sélection génétique a un effet à moyen et long terme alors que l'alimentation peut agir rapidement.

2.1. Les facteurs liés aux conditions intrinsèques

Le lait de consommation est toujours un mélange obtenu à partir de la traite de plusieurs animaux. Cette approche a tendance à réduire considérablement l'importance des variations individuelles mais ça n'empêche pas la présence de grandes fluctuations. Ces fluctuations sont sous la dépendance de facteurs d'ordre génétique et physiologique. (**BARILLET et BOICHARD, 1987**), (**BOCQUIER et al., 1997**).

2.1.1. Facteurs génétiques

D'après **Pougheon et Goursaud (2001)**, il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Si le potentiel génétique de l'animal est faible, sa performance le sera aussi, même si les conditions d'élevage sont très sophistiquées. Il paraît donc que la performance d'un animal est toujours inférieure ou égale à son potentiel génétique. C'est pour cela que l'on parle des races laitières, qui se distinguent par le volume et la composition du lait qu'elles produisent (**Boujenane, 2003**). **Wolter (1994)** note que les effets génétiques ont une forte influence sur le niveau de la production et plus encore sur le taux butyreux et le taux protéique. Généralement les races laitières présentent un taux plus faible de matières grasses et matières protéiques, comme mentionne **Paradal (2012)**, la sélection sur les quantités de lait diminue les taux butyreux et protéiques (TB et TP), la sélection sur les taux diminue la quantité de lait produit. Cependant le choix d'une race repose sur un bilan économique global.

2.1.2. Facteurs physiologique

➤ Stade de lactation

Les variations de la production et de la composition chimique du lait sous l'effet du stade de lactation ont fait l'objet de très nombreux travaux, tous les auteurs notent que les teneurs en matière grasse, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite.

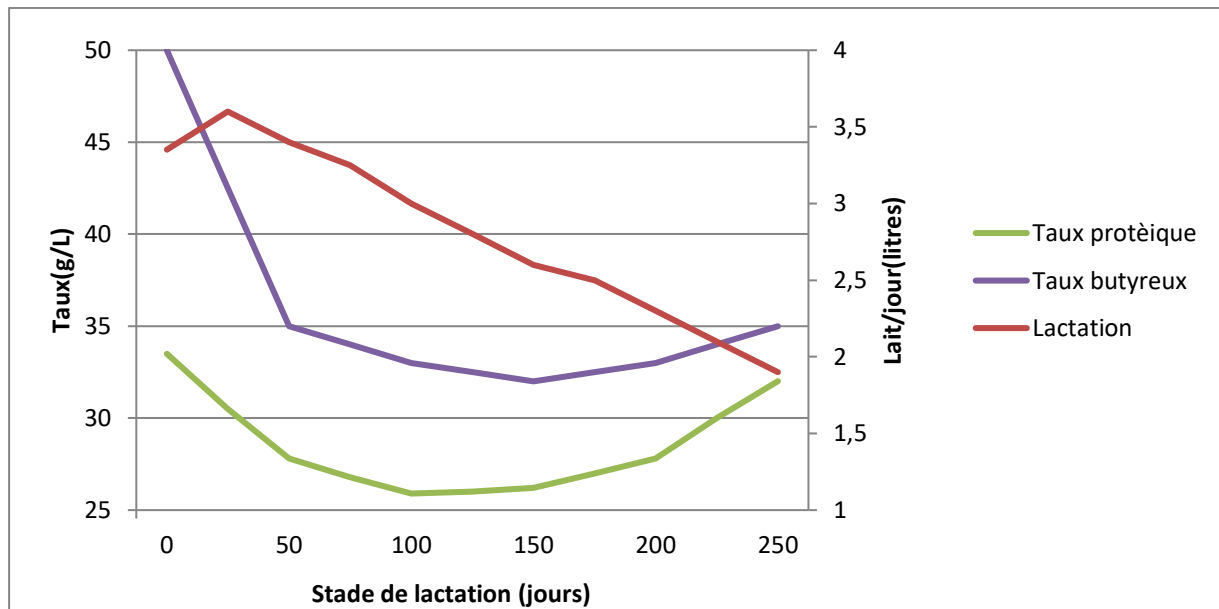


Figure16: Présentation de l'influence du stade de lactation sur la qualité et la quantité du lait de chèvre (Paradal, 2012).

Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement (**Meyer et Denis, 1999**). Cette augmentation est due en partie à l'avancement du stade de gestation, qui diminue la persistance de la production laitière pour les deux taux (**Schultz et al., 1990**).

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**Meyer et Denis, 1999**).

➤ Age et numéro de lactation

Selon **Pougheon et Goursaud (2001)**, on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations.

La quantité de lait augmente généralement du 1er vêlage au 5ème, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7ème (**Veisseyre en 1979**).

Le numéro de lactation n'a pas d'influence sur le TB au cours des lactations successives, mais par contre le TP diminue à partir de la troisième lactation, lorsque la production atteint son maximal puis diminue sensiblement à partir de la cinquième lactation (**Gaillon et Sigwald, 1998**).

Le vieillissement des chèvres provoque un appauvrissement de leur lait, de ce fait, la matière sèche tend à se diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites s'accroît. La composition chimique du lait de mammites se trouve changée. L'inflammation affecte la synthèse de la protéine « caséine », de la matière grasse et du lactose. En revanche, lorsque ces éléments passent du sang au lait, le pH, le taux des protéines sériques et des minéraux augmentent. On aura donc une altération de l'aptitude à la coagulation du lait, une baisse du rendement fromager, avec diminution une de la durée de vie du lait de consommation, car il est plus susceptible à la lipolyse et à la protéolyse (**Amiot et al., 2002**).

➤ **Etat de gestation**

La gestation a un effet notable sur la diminution de la production laitière, cela est dû à la production de la progestérone par le placenta. Ou la quantité journalière du lait sécrétée continue de diminuer avec l'avancement de la gestation, dont l'effet commence à se faire sentir à environ vingt semaines après la fécondation.

Ainsi que la production laitière diminue rapidement chez la chèvre gestante, notamment durant les 120 jours qui suivent la fécondation que chez la chèvre non fécondée. L'existence d'une influence négative possible de la gestation sur la production laitière, pousse l'éleveur à retarder volontairement le moment de l'insémination artificielle, prolongeant ainsi la persistance de la lactation, chez les chèvres traites jusqu'au vêlage (**Nebel et McGilliard, 1993**).

2.2. Les facteurs liés aux conditions extrinsèques

➤ **La traite**

Selon Paradal (2012), les conditions de la traite ont des conséquences directes sur la composition du lait. Lorsque l'intervalle entre traites dépasse 15 heures cela provoque une baisse de TB, ce taux diffère entre les traites du matin et celles du soir. Le soir, les matières grasses sont présentes en plus grande quantité que le matin (**Le Jaouen et al., 1990**).

Le logement n'intervient pas directement sur les taux, mais de bonnes conditions de logement sont indispensables afin d'assurer une hygiène de la traite et de la mamelle satisfaisante (**Paradal, 2012**).

➤ Type d'alimentation

L'alimentation des chèvres joue un rôle très important sur la composition de lait et donc la composition du fromage, elle constitue le moyen le plus efficace à court terme pour faire varier les taux butyreux et protéiques en sens inverse (**Verdier-Metz, 2000**).

La composition chimique du lait varie selon le type d'aliment, sa teneur en matière grasse, en protéines, en eau et sa fibrosité (**Verdier-Metz, 2000**), l'ordre de distribution et les moyens de conservations (**Regnault, 2001**).

La nature de la ration de base des animaux ainsi que le niveau et la nature des concentrés semblent être des facteurs de variation importante de la composition du lait en matière grasse, vitamines et caroténoïdes (**Hoden et al., 1985 ; Martin et al., 2002**).

Le taux butyreux, dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de sa distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments).

Les régimes composés de foin ou d'ensilage d'herbe sont le plus souvent déficitaire en acide gras, de ce fait le taux butyreux peut-être bas. De même un régime excédentaire en énergie (ensilage de maïs ou de céréales) provoque une baisse de taux butyreux mais permet de produire un lait plus riche en protéines (de 1 à 2g par kg). L'ingestion suffisante de fourrage augmente le taux butyreux contrairement aux concentrés qui diminuent ce taux (**Jenot et al., 2000**).

Ainsi, des études ont montré qu'il y'a une corrélation positive entre l'indice de fibrosité d'une ration (temps de mastication à l'ingestion et de rumination) et le taux butyreux (**Sauvant et al., 1990**). Le broyage fin des aliments concentrés est également susceptible de diminuer la fibrosité de la ration. Une quantité élevée d'éléments broyés dans l'alimentation va accroître la vitesse du transit digestif qui aura pour conséquence une légère élévation du taux protéique due à l'augmentation de l'énergie ingérée, et une baisse de taux butyreux, lié à une moindre digestion de la cellulose (**Jenot et al., 2000**). Cependant, il n'apparaît pas de relation entre la granulométrie et le taux protéique du lait (**Sauvant, 2000**).

À titre d'exemple, (**Galina et al., 2007**) ont observé de nombreuses différences dans la composition de fromage à pâte molle fabriqué à partir de lait de chèvre nourries en élevage intensif par rapport aux animaux alimentés en mode extensif.

➤ La suralimentation et la sous-alimentation

L'appétit des chèvres est très réduit au début de lactation, toutefois la suralimentation n'a que peu d'effet sur la production et la composition de lait. En revanche, en période de tarissement la suralimentation a un effet important sur la production et la composition du lait de lactation suivante (**Coulon et Remond, 1991**). La sous-alimentation en début de lactation provoque une forte diminution de la production laitière, occasionne par un déficit énergétique et cause une augmentation du taux butyreux.

➤ Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances laitières est difficile à mettre en évidence, compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (**Coulon et HODEN A, 1991**). La saison agit principalement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des expérimentations effectuées ont en effet montré qu'une longue photopériode expérimentale (15 à 16 h par jour) augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matière grasse et en protéines (**Bocquier, 1985 ; Phillips et Schofield, 1989**).

D'après **Coulon et al., (1989)**, les variations saisonnières de la production laitière sont assez marquées ; il semble que les mois d'avril à juillet soient les plus favorables et ceux d'août à novembre les moins favorables, ce qui expliquerait la meilleure persistance de production des chèvres ayant vêlé en hiver. Ce résultat est vraisemblablement dû à l'effet favorable de la mise à l'herbe et du début de la période de pâturage sur la production laitière.

Selon : **Paradal, (2012) ; Keiling et Wilde (1985) ; POUGHEON et GOURSAUD (2001)**,
L'effet global se traduit par :

- Une production maximale au printemps et minimale en été, selon l'influence de la saison de vêlage.
- Une teneur en protéines qui passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.
- Une teneur en matières grasses minimal à fin du printemps et maximale en automne.
- Une teneur en calcium minimale en été et maximal au printemps.
- Une baisse de TB et une constante TP pendant les fortes températures, un même effet observé pendant les très faibles températures.

Conclusion

Au vu des données de la littérature, le lait de chèvre semble doté de plusieurs qualités pour l'homme :

- ✓ Digestives,
- ✓ Hypoallergénique,
- ✓ Diététique,
- ✓ Thérapeutique vis-à-vis de certaines maladies.

Par ailleurs, il constitue une source importante de protéines d'excellente qualité tout en ayant une aptitude à la transformation fromagère exploitée à grande échelle industrielle dans les pays développés contrairement à l'Algérie.

Prescriptives

L'analyse bibliographique, nous a permis de constater que la filière caprine algérienne est insuffisamment développée malgré le potentiel existant. Ce potentiel pourrait être exploité au niveau économique afin de subvenir à la demande nationale en lait et d'éviter le recours à son importation trop onéreuse pour un pays en voie de développement et souffrant des baisses de ses rentes pétrolières, principales sources de devises.

Pour cela, nous recommandons les points suivants :

- Valoriser les ressources locales propres au pays dont la filière caprine,
- Mettre en place des subventions par le gouvernement pour encourager la production du lait caprin à l'instar de la filière bovine,
- Créer un consortium d'opérateurs de différents organismes : pouvoirs publics, professionnels, organismes de développement, etc. pour apporter un soutien aussi bien financier, que technique et organisationnel à la filière,
- Encourager la création d'associations des exploitants caprins tout en leur assurant des formations sur les bonnes pratiques d'élevage, de gestion des exploitations et, aussi, l'encadrement technique en prévention des risques liés au métier.

- Valoriser le lait de chèvre produit, aussi bien, auprès du consommateur par des campagnes de sensibilisation mais, aussi, par la transformation fromagère à l'échelle industrielle.

Références bibliographiques

A

- **ABDELFETTAH (N) & SAIDENE (A). (2013).** Impact de trois types de lait (vache, chèvre et écrémé) sur le pouvoir acidifiant et anti-Staphylococcus aureus de Leuconostocmes enteroides sp mesenteroides. Master en Microbiologie Appliquée Option : Microbiologie Alimentaire et Santé. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa.
- **Aboutayeb R, (2009).** Technologie du lait et dérivés laitiers. . [en ligne]. Disponible sur : <http://www.azaquar.com>. [Consulté le 02/03/2020]
- **Adamou S, Bourennane N., haddadi F., hamidouche S., SadoudS., (2005).** Quel rôle pour les fermes pilote dans la préservation des ressources génétiques en Algérie ? Série de document de travail N126 Algérie.
- **ADRIAN J. (1973).** Valeur alimentaire du lait. La Maison rustique Ed., Paris.
- **AFNOR, (1994).** Recueil de normes françaises 1994, Qualité de l'eau. Paris
- **Agathe Mayer, (2014).** Lait de chèvre : pourquoi est-il plus digeste ? [en ligne]. Disponible sur : <https://www.topsante.com/nutrition-et-recettes/les-bons-aliments/produits-laitiers/lait-de-chevre-pourquoi-est-il-plus-digeste-73297> [Consulté le 10-11-2020]
- **Alais C, (1984) :** Science du lait, principe des techniques laitière, Edition : la maison rustique. 500p.
- **Alary V., Corniaux C., Gautier D. (2011).** Livestock's contribution to poverty alleviation: How to measure it? World Development, 39 (9) pp. 1638-1648
- **Albenzio M., Santillo A.; d'Angelo F., Sevi A., 2009.** Focusing on casein gene cluster and protein profile in Gagganica goat milk.J. Dairy Res. 76, p.p.83-89.
- **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R., TURGEON.,(2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L. Science et technologie du lait et Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, 600 p.
- **Chollet A, Andre Camus (1937).** ETUDE DE LA MATIÈRE GRASSE DU LAIT DE CHÈVRE. Son application éventuelle à la recherche du mélange : Lait de chèvre et lait de vache. Le Lait, INRA Editions, 17 (162), pp.135-141. fffhal-00895266f.
- **ANOC. REFERENTIEL TECHNIQUE DE L'ELEVAGE DES CAPRINS.** Association national ovine et caprine-Maroc. [en ligne]. Disponible sur : <http://www.anoc.ma/> [Consulté le 03-08-2020]
- **Anonyme 5.** La filière caprine française en quelques chiffres. . [en ligne]. Disponible sur : <https://www.fromagesdechevre.com/chiffres-cles/> [Consulté le 26-04-2020]
- **Anonyme 7.** 6 IDÉES REÇUES SUR LE LAIT DE CHÈVRE. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.soignon.fr/bien-manger/6-idees-recues-sur-le-lait-de-chevre#lien5> [Consulté le 13-06-2020]
- **Ansart M, (1995).** Les industries agricoles et alimentaires, progrès des sciences et techniques, 46 in Andria Tsidikana D. (2010). Projet de création d'une unité de fabrication semi –industrielle de fromage à partir de lait de chèvre dans la région d'ambatolampy. Mémoire du diplôme d'ingénieur. Université d'Antananarivo, 135p.
- **ARCHIBALD F., (2000).** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? Water Quality Research Journal of Canada, 35:1-22.

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, 30-37p.
- **Babo D., (2000).** Races ovines et caprines française, Edition France-agricole, 1ère édition.
- **BARIL G., BREBION P., CHESNE P. (1993):** Manuel de formation pratique pour la transplantation embryonnaire chez la brebis et la chèvre In : Etude FAO : production et santé animale, FAO, n°115, 175p.
- **BARILLET, F; BOICHARD, D (1987).** Studies on dairy production of milked ewes. I. estimates of genetic parameters for total milk composition and yield. Genet. Sel Evol., 19, 459-474.
- **Belarbi M. (2015).** Etude comparative entre la qualité Microbiologique du lait cru de vache et le Lait de chèvre. Thèse de Master : Sciences des Aliments, Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen 75p.
- **Bellioni-Busincò B., Paganelli R., Lucenti P., Giampietro P.G., Perborn H., Busincò L., (1999).** Allergenicity of goat's milk in children with cow's milk allergy. Allergy Clin Immunol., 103(6):1191-1194.
- **Ben Salem H., Nefzaoui A et Ben Salem L., (2000).** Sheep and goats preferences of Mediterranean fodder shrubs. Relationship with nutritive characteristics. CIHEAM – Cahiers Options Méditerranéens. 52: 155-159.
- **Benalia M., (1996).** Contribution à la connaissance de l'élevage caprin: synthèse bibliographique .Thèseing .Agr - (Tiaret), 72p.
- **Benderouich B., (2009).** La kémie: un produit du terroir à valoriser, mémoire d'ingénieure, université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, p17.
- **Bensalem M, Bouzebda-Afri F, Bouzebda Z, Houssou H, Choual K.** Amélioration des races locales en Algérie. Etat des lieux et perspectives.
- **BEROZA M et BOWMAN MC, (1996).** Correlation of pesticide polarities with efficiency of milk extraction procedures. J. assos, off .agric. chem. 49, 1007-12.
- **Bey D et Laloui S., (2005)** Les teneurs en cuivre dans l'alimentation des chèvres dans la région d'El-Kantra (Biskra).Thèse. Doc.Vét. (Batna), 60p.
- **Bocquier F. (1985).** Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et en lactation. Thèse docteur – ingénieur, INA Paris – Grignon, 105 p.
- **BOCQUIER, F ; GUITARD, JP (1997).** Estimation de la capacité d'ingestion et des phénomènes de substitution fourrage/ concentré chez les brebis lacane conduites en lots : compilation des données obtenues sur des rations à base d'ensilage. Renc. Rech.Ruminants, 4, 75-78.
- **BONTOUX J. (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Qualité et santé, CEBEDOC, sprl, Liège, 2ème édition, 167p.
- **Bonyi J, Contamin V, Gousseff M, Metais J, Tillard F, Juanes X, Decruyenaere V, (2005).** Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion INRA Anim, (4) ,255- 256p.
- **Bosset J-O., Albrecht B., Badertscher R. et al., (2000).** Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles de lait, de caillés et de fromage de chèvre de type Fmlaggini (buxion, robiola) et Foermagella. Péd. LAIT. France: C N R S, 2000, (95). 546-580.
- **Boubezari Mohammed Tahar. (2010).** Mémoire de fin d'étude : contribution a l'étude des caractéristiques physico-chimiques et mycologiques du lait chez quelques races Bovines, Ovines et Caprines dans quelques élevages de la région de JIJEL. UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE - FACULTE DES SCIENCES.

- **BOUHAZAM H, (2017).** Influence de quelques paramètres biochimiques sur deux protocoles de synchronisation des chaleurs de la chèvre locale. Mémoire de master : reproduction animal. Université Blida 1. 87p.
- **Boujenane M (2003).** Evaluation génétique des laitiers des races Holstein et Montbéliarde de la société Agropplus. Mem. Ing. Agro. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan 2 Raba ,73p.
- **BOUTIBONNES, P et JACQUET, J, (1969).** Sur la fréquence de l'aflatoxine des aspergillus dans les aliments. Soc. Biol.193, 1119-24.
- **BOUZID A, LABIDI H. (2016)** Caractérisation physico-chimique et organoleptique du lait des espèces laitières dans la région du Souf (wilaya d'El Oued). Mémoire de fin d'étude Biochimie appliquée, El OUED : Université Echahid Hamma Lakhdar, 102p.
- **Boyaval P., Deborde C., Corre C., Blanco C. et Begue E, (1999).** Le lait, 79 : 59-69.
- **Brassard M-E., Demers L., Deschênes C., Dumoulin P et al., (2009).** L'élevage de la chèvre . Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

C

- **CALVET et al., (1966).** Note préliminaire sur les effets expérimentaux de l'aflatoxine chez les bovins tropicaux. Rev. Elev.méd. vét. Pays trop. 19, 545-65.
- **Camps G., (1976)** Les origines de la domestication dans le nord de l'Afrique, Trav. Du LAPEMO, ronéo : Colloque d'élevage en Méditerranée occidentale. Paris. CNRS. P49-66.
- **CASSINELLO J. et PEREIRA S. (2001).** La qualité du lait et du fromage dans cinq exploitations caprines de la serra do caldeirao. *CIHEAM*, Options Méditerranéennes, Série A, séminaires méditerranéens, 46, p. 157-161.
- **CEPIL., (1987).** Le lait : matière première de l'industrie laitière. CEPIL -INRA, Paris, 394p.
- **Champagne C.P., Moineau S., Lange M., Gelinat P. et Audet P, (2000).** Production de ferments lactiques dans l'industrie laitière. Ed. Fondation des Gouverneurs, 210 p.
- **Chanokphat Ph, (2005).** Casein micelle structure: a concise review. Journal of Science and technology. 1(27), 201-212.
- **CHARTIER C. (2009)** Pathologie caprine : du diagnostic à la prévention. Les Éditions du Point Vétérinaire, Rueil-Malmaison, 2009, 325p.
- **CHEMINEAU.P, MALPAUX .B, DELGADILLO.JA, et LEBOEUF.B, (1998).** Photopériodisme et reproduction des caprins : communication présentée au colloque « reproduction caprine ; nouveaux contextes, derniers acquis ».
- **Chilliard Y, (1997).** Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Les colloques n 81, INRA, Paris.
- **Chilliard Y., Rouel J., Leroux C., (2006).** Goat's alpha-s1 casein genotype influences its milk fatty acid composition and delta-9 desaturat- ion ratios. Anim. Feed Sci. Technol., 131, 474-487.
- **Chunleau Y., (1995).** Manuel pratique d'élevage caprin sur la rive sud de la méditerranée. Techniques vivantes. - 123p.
- **Clark et Sherbon, 2000.** Alphas1-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. Small Ruminant Research 38 (2000) 123±134.
- **CODEX ALIMENTARIUS. (1999).** Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-1999. Pp: 1-4.
- **Collins JC., Kokelaar A., Rollet-repecaud O et Delacoix-buchet A ., (1991).** Dosage des caséines du lait de vache par électrophorèse et chromatographie liquide rapide d'échange d'ions (FPLC) : comparais des résultats. Lait, 71,339-350.
- **Colin O., Laurent F., Vignon B., (1992).** Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. Lait, 72, 307-319.
- **Commission national, Angr (Animal Genetic Resources), (2003).**

- **Contreras A., Corrales J.C. et Siera D, (1993).** Caprine intermammary infection: Quality of milk. *Le lait*, U73 U (5-6): 485-488.
- **Coulon J., Faverdin P., Laurent F., Cotto G., (1989).** Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 2, p.p. 47 – 53.
- **Coulon J., Remond B., (1991).** Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow: a review, *Livest. Prod. Sci.*, 29, p.p. 31 – 47.
- **COULON J-B. et HODEN A. (1991).** Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (5).pp: 361-367.
- **Curt C., (1997)** – Caractérisation de produits et de procédés alimentaires par conductimétrie électrique. *Sci. Aliment.* 17, 435-456.

D

- **Daoudi A .,(2006).** Qualité d'un fromage local à base de lait de chèvre. 01 Novembre. 1-2.
- **Daviau C., Famelart M.H., Pierre A., Goudedranche H. et Maubois J.L., (2000).** Rennet coagulation of skin milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Lait*, 80 (4): 397-415.
- **DELA TORRE G., SERRADILLA J M., GIL EXTREMERA F. and SANZ AMPELAYO M R. (2008).** Nutritional utilization in malaguena dairy goats differing in genotypes for the content of α S1-casein in milk. *Journal of Dairy Science*, p91, 2443-2448.
- **Debry G, (2001).** Lait, nutrition et santé. Techniques et documentation Lavoisier. Paris, 544 p.
- **Dekkiche Y., (1987).** Etudes des paramètres zootechniques d'une race caprine améliorée (Alpine) et deux populations locales (MAKATIA et ARBIA) en élevage intensif dans une zone steppique (Laghout). Thèse. Ing. Agro; INA. El Harrach.
- **Delacroix-Buchet A. Degas C. Lamberet G. Vassal L (1996).** Influence des variants AA et FF de la caséine α s1 caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles des fromages, *Lait* 76 (1996) 217–241.
- **Delgadillo J A, Malpaux B and Chemineau P (1997).** La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. *INRA Productions Animales*, 10(1), p 33-41.
- **Desbos V.** FIDOCL CONSEIL ELEVAGE. [en ligne]. Disponible sur : <http://www.fidocl.fr/content/plan-d'alimentation-caprin-la-periode-de-reproduction-doit-santiciper>. [Consulté le 14-06-2020]
- **Desjeux E (1904).** L'alimentation par le lait cru chez l'enfant à l'état de santé et à l'état de maladie. Imprimerie DeslisFrères, Tours.
- **Desjeux J-F, (1993).** valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Lait*. 73 :573-58.
- **Devold, T.G., R. Nordbo, T. Langsrud, C. Svenning, M. J. Brovold, E. S. Sørensen, B. Christensen, T. Ådnøy and G. E. Vegarud (2010).** Extreme frequencies of the α s1-casein “null” variant in milk from Norwegian dairy goats - Implications for milk composition, micellar size and renneting properties *Dairy Sci. Technol.*
- **Diof L. (2004).** Étude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans les Niayes (Sénégal). Mémoire d'études approfondies de productions animales. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 45 p.

E

- **Eck A., Gillis J.C. (1998).** Le fromage, Tec & Doc, Paris 3,7-513.
- **EDBERGE S.C., RICE E.W., KARLIN R.J. & ALLEN M.J. (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S.

- **Elmund, GK, MJ Allen et EW Rice (1999).** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71: 332-339.
- **Esperandieu., (1975)** Art animalier dans l'Afrique antique, Imprimerie Officiel 7 et 9, Rue Toller Alger, pp 10-12.

F

- **Fall Coudou Latyr,(1997).** Etude des fraudes du lait cru : Mouillage et écrémage, Thèse de l'Ecole Inter Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire (EISMV) de Dakar, 80 pages.
- **Fantazi K., (2004).** Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée d'OuedRigh (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. Alger, 145p.
- **FAO 2020 :** Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. [en ligne]. Disponible sur : <http://www.fao.org/home/en/>
- **Fatoux A,(1968).** 'La composition du lait de chèvre'. La chèvre, 77, pp 16-22.
- **Favier Jean-Claude, (1985).** Composition du lait de vache : 2. Laits de consommation. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 20 (5), 355-363.
- **Faye B., (1997).** Profils sanitaires en élevage bovin laitier ; mise en relation avec une typologie d'exploitations. Etudes et recherche sur les systèmes agraires et le développement, 21, Ed, INRA/ SAD, pp 13-47.
- **Feliachi K., (2003).** Point focal algérien pour les ressources génétiques. Rapport National sur les ressources génétiques animales : Algérie. 29-30
- **FILIPOVITCH, DJ, (1954).** Etude sur les variations de la densité du lait de mélange. *Le lait* 34 (333-334) 129-132.
- **FiLQ. (2002).** Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière .Québec Inc. Ed, Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, pp. 28-44.
- **Fox P.F. (2003).** Milk proteins; general and historical behaviour. In: *Advanced Dairy Chemistry*. 3rd edition. Proteins, vol. 1. , Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney .New York: Kluwer Academic/Plenum publisher, pp. 1-48.

G

- **Gaillon P., Sigwald J., (1998).** Résultats de contrôle laitier des espèces bovines et caprine France 1997. Institut de l'élevage, Paris, 50P.
- **Galina M.A., Osnaya F., Cuchillo H.M., Haenlein G.F.W., (2007).** Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 71, p.p. 264-272.
- **Gelais-ST D.D., Ould-Baba A.M. et Turcot S.M., (1999).** Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. *Agriculture et Agroalimentaire*, Canada, 1-33.
- **Gelais S-T. (2002).** Composition du lait de chèvre et son aptitude à la transformation- Canada, Québec.
- **Gilbert T., (2002).** L'élevage des chèvres. Editions de Vecchi S.A, Paris ,159p.
- **Gnanda IB., Zoundi JS., Nianogo AJ., Le Masson A et Meyer C., (2006).** Performances laitières et pondérales de la chèvre du sahel Burkinabé en régime complémentation basé sur l'utilisation des ressources alimentaires locales. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaires*, 58(3) ,175-182.
- **GORBAN A.M.S. and IZZELDIN O.M. (1997).** Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy Techn.* 64, p. 471-474.
- **GOUNELLE DE PONTANEL, Het SZAKVARY, (1966).** Antibiotiques et aliments. *Bull acad. Nat. Méd.*, 150, 76-82.
- **Goursaud J. (1985).** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans *Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris, Pp520-530.

- **Grandpierre C, Ghisolfi J, Thouvenot JHP, (1988).** Étude biochimique du lait de chèvre. *CahNutr Diét*23, 367-374
- **Grosclaude F., Ricordeau G., Martin P, Remeuf F., Vassal L., Bouillon J., (1994).** Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine OE, caprine, ses effets, son évolution. *INRA Prod. Anim.*, 7, 3-19.
- **Guintard C, Ridouh R, Thorin C et Tekkouk-Zemmouchi F,(2018).** Etude ostéométrique des métapodes de chèvres (*Capra hircus* L., 1758) d'Algérie : cas de la race autochtone Arabia. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 169 (10-12) : 221-232.
- **Guiraud J.P., (1998).** Microbiologie alimentaire. Ed. DUNOD, Paris 163 505.
- **Guiraud J.P. (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition RIA DUNOD. Paris. pp : 136- 139.

H

- **HELLAL F., (1986).** Contribution à la connaissance des races caprines algériennes: Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord, Thèse. Ing. Agro.INA. El Harrach. Alger.
- **Hennane M., (2012).** Lait cru de chèvre en Algérie. Exposé Première année de Master : Microbiologie Alimentaire et Santé. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia 38p
- **Hoden A., Coulon J., Delaby L., (1985).** Influence de l'alimentation sur la composition du lait. - Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, p.p. 69 – 79.
- **HOLMES-PEGLER H.S., (1966).**The book of goat. Ninth edition, the bazaar, Exchange and Mart, LTD, p255.
- **HOSSAINI-HILALI, J., BENLAMLIH, S. & DAHLBORN. K. (1993).** Fluid balance and milk secretion in the fed and feed deprived black Moroccan goat. *Small Rum. Res.* 12, 271-285.

J

- **JACQUET, J.** Les antibiotiques dans le lait et les produits laitiers, 1969. *Econ, méd, anim.* 10, 13-17.
- **Janovi S., Bara M., Maej O., Djurevi J.D., (2005).** SdS-page analysis of milk proteins altered by high thermal treatment. *Acta Alimentaria*, 34, p.p.105-112.
- **Jansen C., Van den Berg K., (2004).** L'élevage de chèvres dans les zones tropicales. Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas.
- **Jaubert G, (1997).** Biochemical characteristics and quality of goat milk. *CIHEAM, options Mediterranean's*, 25, 71-74.
- **Jeanet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brule G., (2008).**Les produits laitiers, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).
- **Jenness R, (1980).** Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979 *Journal of Dairy Science*, 63, pp 1606-1630.
- **Jenot F., Bossis N., Cherbonnier J., Foulland C., Guillon M-P., Lauret A., Letourneau P., Poupin B. et Reveau A., (2001).** « Une lactation se prépare avant la mise bas » *L'éleveur des chèvres.* (9):13.
- **Jenot F., Bossis N., Cherbonnier J., Foulland C., Guillon M.P.,lauret A.,Letourneau P.,PoupinB.,Reveau A., (2000).**Les taux de lait de chèvre et leurs variation. Eds *L'Eleveur de chèvres*, n°7,10p.
- **Jouhannet Pascale, (1992).** Le lait de chèvre : un produit d'Avenir ? Thèse de : diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de limoges faculté de pharmacie, 120 p.
- **Journal of Experimental Medicine** « *Staphylococcus aureus* golden pigment impairs neutrophil killing and promotes virulence through its antioxidant activity » [archive].

- **Joyandeh H et Abroumand A., (2010).**Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks. Words Applied Science Journal. 11(11), 1316- 1332
- **Juàrez M., Ramos M., (1986)** – Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. In Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Greece, pp. 54-67.
- **Juillard U., Foucaud C., Desmazeaud M. et Richard J, (1996).**Utilisation des sources d'azote du lait par *Lactococcus lactis*. Le lait, 79 : 13-24. Unité derecherches laitières, Inra, 75352 Jouy-en-Josas cedex, France.

K

- **Kacimi El Hassani S 2013** La dépendance alimentaire en Algérie: importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution? Mediterranean Journal Of Social Sciences Vol 4, N°11, 152-158. <http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss>.
- **Keiling J., Wilde C., (1985).** Lait et produits laitiers le lait de la mamelle à la laiterie. Pp. 207-208.
- **Kerba, A. (1995).** Base des données sur les races caprines en Algérie. FAO, p 19-39.
- **Khelifi Y, (1997).** Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes, CIHEM options méditerranéennes, 245-246 p.
- **Kodio A. (2005).** Qualité de produits laitiers de production industrielle et artisanale. Thèse de pharmacie. Bamako, 17.
- **Kopaczewski W, (1948).** ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DU LAIT. Le Lait, INRA Editions, 28 (273_274), pp.114-141. ffhal-00927959f.
- **Kouniba A (2007).** Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée à celles du lait de vache et de dromadaire et étude de son aptitude fromagère. Bulletin de l'Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II.
- **Kouniba A., Berrada M and El Marakchi A (2007).** Etude comparative de la composition chimique du lait de chèvre de la race locale Marocaine et la race alpine et évaluation de leur aptitude fromagère. Revue de Médecine Vétérinaire, 158 (3), 152-160.
- **Kuzdzal.W, Kuzdzal - Savoie S., (1966).** Technique laitière, hors série, 17- 20.

L

- **Lambert-Lagacé Louise et associées, (1999).**Le lait de chèvre un choix santé. Les éditions de l'homme. Bibliothèque nationale du Québec.105pages.
- **LARPENT, (1990).** Influence de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait, In la vache laitière. 231- 246, ed INRA publications, route de St- cyr,78000, Versailles.
- **LAUG, E; MIKALIS, A,(1963).** Total diet study: strontium-90 and caesium-137 content. Off. Agric. Chem, 46, 749-67.
- **Le Mens P., (1985).** Le lait de chèvre : propriétés physico-chimique, nutritionnelles et chimique. In : lait et produits laitiers, vache, chèvre, brebis, de la mamelle à la laiterie. Tome 2. Paris : technique et documentation Lavoisier. pp: 354-367.
- **LECLERC H. et MOSSEL D.A.A. (1989).** Microbiologie : le tube digestif, l'eau et les aliments. Edition DOIN, Paris, 513p
- **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, Octobre, 8-12, Montréal, Québec.
- **LEMAITRE, M, (1963).** sur la présence de pénicilline dans les laits de grand mélange, acad. Agric; 49, 654-63.
- **LUQUET, F.M. (1985).** Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre,. 3volumes. Paris, technique et documentation, Lavoisier.

M

- **Madani T., Yakhlef H., Abbache N., (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie, Les races bovines, ovines, caprines et camelines. Alger 22 23/01/2003. Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31.p 44-51.
- **MADELMONT. C; MICHON. G, (1964).** La pollution radioactive du lait consommé dans l'agglomération parisienne.le lait, 44, 19-27.
- **Mahe MF., Manfredi E., Ricordeau G., Piacere A., Grosclaude F., (1993).** Effets du polymorphisme de la caséine α S1 caprine sur les performances laitières : Analyse intradescendance de boucs de race Alpine. Genetic Science and Evolution, 26, 151- 157.
- **MAJDI Amira, (2008).** Maîtrise de la technologie fromagère et contrôle qualité des fromages AOC Ingénieur agronome .Institut national agronomique de Tunisie.
- **MALPAUX.B, CHEMINEAU.P, PELLETIER.J, LEBOEUF.B, DELGADILLO.JA, DELITANG.F, POBEL.T et BRICE.G (1996).** Emplois des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnier chez les ovins et les caprins. INRA. Prod Anim. 9,45-60.
- **Manfredi E, Barbieri ME, Bouillon J, Piacère A, Mahé MF, Grosclaude F, Ricordeau G (1993).** Effets des variants de la caséine-oc,, sur les performances laitières des chèvres. Journées scientifiques et techniques du lait de chèvre, Surgères, 9-10 juin 1993. Le lait 73, 5-6, 567.
- **MARA., (1971).** (Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire). Programme de développement des élevages bovins et caprins en zone montagneuse de Tizi-Ouzou. 34 pages.
- **MARLETTA D., CRISCIONE A., BORDONARO S., GUASTELLA A M. and D'URSO G. (2007).** Casein polymorphism in goat's milk. Lait, 87, 491-504.
- **MARSHALL K. (2004).** Therapeutic applications of whey protein. Alternative. Medicine. Review, 2, 136-156.
- **MARTIN P. (1996).** La composition protéique du lait de chèvre : ses particularités. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : Le lait de chèvre, un atout pour la santé. INRA, Niort, France, pp. 9-26.
- **MARTIN P et C. LEROUX (2000).**Le gène caprin spécifiant la caséine as1 : un suspect tout désigné aux effets aussi multiples qu'inattendus. INRA Prod. Anim., 2000, numéro hors série « Génétique moléculaire : principes et application aux populations animales », 125-132.
- **Mason I.L., (1984).** Goat evolution of domestic animals. Ed. Longman, London, pp86-93.
- **Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. In : Introduction à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier, Technique et documentation, Paris, 220 p ISBN : 2-7430-0233-6.
- **MATHIEU J. (1999)** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
- **Meyer C. et Denis J.P (1999).** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.
- **Meyer C., ed. sc., (2020).** Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [25/11/2020]. URL : <http://dico-sciences-animales.cirad.fr>
- **MEZA-NIETO M A., VALLEJO-CORDOBA B., GONZALEZ-CORDOVA A F., FELIX L. and GOYCOOLEA M. (2006).** Effect of β -lactoglobuline 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, 582-593.
- **MICHON, G, (1963).** Organisation d'un contrôle de la pollution radioactive du lait. Bull, acad, vét, 36, 283-5.

- **MITCHELL, M, (2005).** détection des résidus d'antibiotiques dans le lait de chèvre. Laboratoire des résidus médicamenteux/ division des services de laboratoire/ université de Guelph ; brenda norris-programme de salubrité des produits laitiers/MAAARO.
- **Moatsou G., Vamvakaki A., Molle D., Anifantakis E. and Leonil J. (2006).** Protein composition and polymorphism in the milk of skopelos goats. Lait, 86, 345-357.
- **MORA-GUTIERREZ A., HAROLD M., FARRELL JR. and KUMOSINSKI T. F. (1993).** Comparison of Calcium-Induced Associations of bovine and caprine caseins and the relationship of α S1-casein content to colloidal stabilization: A thermodynamic linkage analysis. Journal of Dairy Science, 76, 3690-3697.
- **Morand-Fehr P., Giger-Reverdin S., Sauvant D., Broqua B., et Simiane M., (1987).** Utilisations de fourrages secs par les caprins. (391-422) In : Demarquilly (ED), les fourrages secs, récolte, traitement et utilisation. – Paris: INRA.
- **MOREL, I, (1962).** Enquêtes sur la présence d'antibiotiques dans le lait de trois zones de production. Lait, 42, 593-601.
- **MORGAN, F., BODIN, J.P., et GABORIT, P. (2001).** Lien entre le niveau de lipolyse du lait de chèvre et la qualité sensorielle des fromages au lait cru ou pasteurisé. Lait 81: 743-756
- **MORRISAY, P.A. (1995).** Lactose: chemical and physicochemical properties. Dans: Développements in Dairy chemistry 3. (FOX PF). Elsevier, London.
- **MOUHOUS A., BOURAINE N., BOUARABA F, (2013).** L'élevage caprin en zone de montagne : Cas de la région de Tizi-Ouzou (Algérie) .Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, Algérie.
- **MUCIO M FURTADO. (1983).** Detection of cow milk in goat milk by polyacrylamide gel electrophoresis. Journal of Dairy Science, 66, 1822-1824.

N

- **Nedjraoui D., (2001).** "Country pasture/forage resource profiles". Algeria. FAO 2006.
- **Nebel R, MCGilliard M, (1993).** Interaction of high milk yield and reproduction performance in dairy cows. J. Dairy.sci; 76(10), 3257-3268p.

P

- **Paradal M. (2012).** La transformation fromagère : Bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Paris, Lavoisier, 295p. (Tech et Doc).
- **Paradal M., (2014).** Le guide de l'éleveur de chèvres " de la maîtrise à l'optimisation du système de production, P31).
- **Park Y.W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W., (2007).** Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68, p. 88-113
- **Parkash et Jenness R (1968).** Composition and characteristics of goat's milk, dairy science abstract. 1968.30. n° 143.pp 66-87.
- **Pascale Jouhannet 1992,** La lait de chèvre : Un produit d'avenir ? Thèse en diplôme d'état de Docteur en pharmacie. Université de Limoges, 120p.
- **Patel R.S. et Reuter H., (1996).** Effect of sodium, calcium and phosphate on properties of rennet coagulated milk. Lebensmittel Wissenschaft Technol., U19 U (4): 288-291.
- **PAYENS T A. (1982).** Les propriétés physico-chimiques des caséines alpha s1, bêta et kappa. Lait, 62, 306-320.
- **Pedro., 1952.** L'élevage en basse Kabylie. Rev. élevage et cult en Afrique du Nord, P17.
- **Phillips C.J. C., Schofield S.A., (1989).** The effect of supplementary light on the production and behavior of dairy cows. Anim. Prod., 48, p.p. 293 – 309.
- **PIACERE A. et ELSSEN J. M. (1992).** Aptitude fromagère du lait et polymorphisme des protéines : perspectives d'utilisation en sélection. INRA Productions Animales, Hors série, Eléments de génétique quantitative et application aux populations animales, 123-128.

- **PIERRE A., JEAN-LUC Le QUERE., RIAUBLANC A., YVON Le GRAET., DEMAIZERES D. and MICHEL F. (1998).** Composition and Physico-chemical characteristics of goat milks containing the A or O α S1 casein variants. *Lait*, 78,191-202.
- **Pointurier H, (2003) :** La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64, 388 p.
- **POUGHEON S .et GOURSAUD J., (2001)** Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., *Lait, nutrition et santé*, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
- **Pougheon S. 2001. Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, 2001. Thèse doctorat d'état, université PaulSabatier de Toulouse, France.**
- **Prentice J.H., (1962).** The conductivity of milk - the effect of the volume and degree of dispersion of the fat. *J. Dairy Res.* 29, 131-139.
- **PUGH DG, BAIRD AN, (2011).** Sheep and goat medicine. 2nd ed. Elsevier Saunders, Maryland's Heights, 640p.

Q

- **Quittet E., (1977).** La chèvre, Guide de l'éleveur. La maison rustique (eds). Paris, I.S.B.N. 27066-0017-9. P18-20.

R

- **RABIA Y. et ROUANE F., (2019).** Analyses des aliments et du lait d'une exploitation caprine à Tizi-Ouzou .thèse Thèse. Doc. Vet. Ecole national supérieur vétérinaire(Alger) ,95p.
- **Ramos (M.), Juarez (M.), (1981).** The composition of ewe's and goat-s milk. FIL - IDF, Doc.140. BRUXELLES-B.
- **Raynal-Ljutovac, K., Massouras, T., Barbosa, M., (2004).** Goat milk and heat treatment. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34, 173–175.
- **Regnault, C., (2001).** La filière Rocamadour : une filière jeune et en développement. *Revue des ENIL*, 239, p.p. 27 - 29.
- **REMEUF F., (1994).** Relations entre les caractéristiques physico- chimiques et aptitudes fromagères des laits. *Rec, méd vét.* 170 (6/7) : 359-365.
- **Remeuf F. Lenoir J. Duby C. (1989).** Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, 69, 499-518.
- **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. *Lait*, 81, 731-742.
- **Renou C. (2012).** les particularités de l'élevage caprin : guide a l'usage du vétérinaire rural non spécialiste, mémoire Doc Vétérinaire. Université Claude-Bernard – Lyon.
- **RHEOTEST M., (2010).** 'Rhéomètre RHEOTESTR RN et viscosimètre à capillaire, 'Produits alimentaires et aromatisants'.
- **Richard J. et Desmazeaud M.,** Chapitre 6 : le lait de fromagerie, In André Eck et Jean Claude Gillis, le fromage 3e édition, Lavoisier Tec & Doc, 2006, p 202.
- **Rivière R., (1978).** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2e édition, 523p.
- **RODIER (1975).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles ; eaux résiduaires ; eaux de mer. Tome 1, 5ème édition DUNOD, 629p.
- **Roudj S., Bessadat A. et Karam N-E. (2005).** Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest algérien. *Rencontres Recherches Ruminants*, 12, 400.

S

- **Santé Canada (1991)** La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ». Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada.html>. [Consulté le 28/09/2020]
- **Sauvant D. (2000)**. Granulométrie des rations et nutrition des ruminants. INRA Prod. Anim., 13, 99-108.
- **Sauvant D., Chapoutot P., Archimedes H., (1990)**. Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. INRA. Prod. Anim., 3, 309-318.
- **Schultz M, Hassen L, Steuernagle G, Kuck A, (1990)**. Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy. J. DairySci, 73, 484p.
- **Seydi M. (2004)**. Caractéristiques du lait cru. EISMV, laboratoire HIDAOA, 12p.
- **Sherborn S, J.W (2000)**. Alpha s1-caseine, milk composition and coagulation properties of goat milk. Small Rum. Res. v.38, P.P. 123 – 134.
- **Si Ammar Kadi, Azeddine Mouhous, M. Berchiche, Farid Djellal, J. Huguenin, et al., (2015)**. Performances de production et commercialisation de lait dans les exploitations caprines en zone montagneuse de Tizi-Ouzou (Algérie). Seminar of the Sub-networks on Nutrition and on Production Systems of the FAO-CIHEAM Network for Research and Development in Sheep and Goats, Montpellier, France. Ffhal-01743244f.
- **SIBOUKEUR, O, (2008)**. Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat d'état. Inst nat, agro, Alger.
- **Sina Laurent, (1992)**. Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la SOCA, Thèse de l'EISMV de Dakar, p 09.
- **SLATTERY C. W. (1976)**. Review: casein micelle structure; an examination of models. Journal of Dairy Science, 9 (59), 1547-1556.
- **Soryal K A., Zeng S.S., Min B.R., Hart S.P., Beyene F.A., (2004)**. Effect of feeding system of composition of goat milk and yield of domiati cheese. Small Rumin. Res. 54 (1-2), p.p. 121-129.
- **Soustre. Y., (2007)**. Questions sur Les qualités nutritionnelles du lait et des fromages de chèvre. [PDF] disponible sur: http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/qualites_nutritionnelles_lait_fromages_chevre.pdf [Consulté le 23-06-2020]
- **Stadhouders, J. & Veringa, H.A. (1973)**. Fat hydrolysis by lactic acid bacteria in cheese. Netherlands Milk and Dairy Journal, 27, 77-91.
- **Strzelec, E. & Niznikowski, R. (2009)**. Single nucleotide polymorphism (SNP) of selected genes in representatives of the family Bovidae with particular emphasis on domestic goats. Anim. Prod. Rev., No. 7, pp. 7-14
- **Sylvain N., (2004)**. Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé. Québec.

T

- **Table Ciqua (2017)** : Table de composition nutritionnelle des aliments. [en ligne]. Disponible sur : <https://ciqua.anses.fr/> [Consulté le 04/07/2020].
- **THAPON J.L., (2005)** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14 (77 pages).
- **Thieulin G; Pantaleon J; Richou L; Cumont G. (1966)**. Les résidus de pesticides dans le lait et les produits laitiers. Bull. Acad. Méd 150-478-485.
- **Thomas G. Boyce (2019)**. Intoxication alimentaire à staphylocoque. MD, MPH, University of North Carolina School of Medicine. . [en ligne]. Disponible sur : <https://www.msmanuals.com/> [Consulté le 23/10/2020]
- **Trouette G., (1930)**. L'élevage indigène en Algérie. Doc. Anonyme, 50 p.

- **Trujillo A. J., Casals I., Guamis B., (2000).** Analysis of major caprine milkproteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electro-spray ionization-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 83, 11-19.
- **Tziboula-clarke A. (2003).** Goat milk. In: Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. Eds, *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Cornwall Academic Press, p.p. 1270-1279.

U

- **Upton, 2004 M.** Upton The role of livestock in economic development and poverty reduction. Pro-poor livestock policy initiative working paper No. 10

V

- **VANWARBECK Olivier (2008).** Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en Région Wallonne. Travail fin d'études : bachelier en agronomie, option techniques et gestion agricoles-haute école de province de Liège –Belgique. 118p.
- **Vassal L., Auclair J. (1965).** Fréquence des antibiotiques dans le lait de grand mélange, *Industrie Lait*, 221,253-254.
- **Vassal L., Delacroix-Buchet A., Bouillon J., (1994).** Influence des génotypes AA, EE et FF de la caséine α S1caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles de fromages traditionnels : premières observations. *Lait*, 74, 89-103.
- **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 d'Ionnina en Grèce. *Lait*, 62, 155-165.
- **Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Edition la maison rustique, Paris, 714p.
- **Verdier-Metz A. (2000).** Guide pratique en alimentation caprine. Paris : Institut de l'élevage 60p.
- **Vesa TH, Seppo LM, Marteau PR, Sahi T, Korpela R(1998).** Rôle of irritable bowel syndrome in subjective lactose intolerance. *Am J Clin Nutr*;67:710-5.
- **VIGNOLA C. (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

W

- **WEBER, F, (1987).** Les incidences technologiques des variations de composition du lait. . In : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL – INRA, Paris, 297-303.
- **WehrmüllerKarin et Stephan Ryffel., (2007).** Produits au lait de chèvre et alimentation AgroscopeLiebefeld-Posieux ALP Posieux, n° 28, Suisse.
- **Weidmann G., (2010).** Chèvres laitières bio. Un guide pratique pour l'éleveur. FiBL, AGRIDEA, ITAB. . [en ligne]. Disponible sur : <http://itab.asso.fr/publications/publi-elevage.php> [Consulté le 07-06-2020]
- **Wolter R., (1994).** Conduite du rationnement. (118-152) In: Alimentation de la vache laitière. Paris : Ed France Agricole. -263p.

Z

- **Zarrouck A., Souilem O., Drion P.V., Beckers JF. (2001).**Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine *Ann. Méd. Vét.*, 145, 98-105.
- **Zeller B, (2005).** LE fromage de chèvre : Spécificités technologiques et économiques, thèse de Doctorat de l'université Paul-sabatier, Toulouse, France.

Iconographie

- **ANONYME 1.** LA RACE ALPINE FRANCAISE. Les races caprines sélectionnées en France et DOM TOM. [en ligne]. Disponible sur : https://www.capgenes.com/wp-content/uploads/2018/04/la_race_alpine_francaise_FR.pdf [Consulté le 11/10/2020]
- **ANONYME 2.** LA RACE SANEEN FRANCAISE. Les races caprines sélectionnées en France et DOM TOM. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.capgenes.com/les-races-caprines/race-saanen-francaise/> [Consulté le 11/10/2020]
- **ANONYME 3.** RENCONTRE AVEC LES CHEVRES DE LA FERME DES RIONDONS, A ARECHES. [en ligne].Disponible sur : <https://blog.vtf-vacances.com/france/rencontre-ferme-des-riondons-areches/>. [Consulté le 23/08/2020]
- **Anonyme 4.** L'élevage caprin. [en ligne].Disponible sur : <https://www.reussir.fr/> [Consulté le 17/02/2020]
- **Anonyme 6.** Intoxications à S. aureus. . [en ligne]. Disponible sur : <http://droguet-sebastien.e-monsite.com/pages/activites-technologiques-terminale-2014-2015/toxi-infections-alimentaires.html> [Consulté le 12/10/2020]
- **FLORIAN RONEZ (2012).** Le lait et sa coagulation. thèse de doctorat. [en ligne]. Disponible sur : <https://www.youlab.fr/blog/ressources-scientifiques-bibliographie/le-lait-et-sa-coagulation/> [Consulté le 23/08/2020]
- **Laouadi, M; Tennah, S; Moula, N; Antoine-Moussiaux, N.and Kafidi, N (2015).** Morphological characterization of indigenous goats in the region of Laghouat in Algeria. Arch. Zootec. 69 (267):272-279.2020.
- **SUSHILK (2015).**The chemistry milk –Final part. DAIRYTECHNOLOGY, FOOD, FOOD TECHNOLOGY. [en ligne]. Disponible sur : <https://sushilbandhu.wordpress.com/2015/10/16/the-chemistry-of-milk-final-part-2/> [Consulté le 07/07/2020]

Abstract

In the large family of dairy products, there is one, very particular, goat's milk. In this bibliography summary, we are interested in the exceptional nutritional and therapeutic qualities offered by goat milk, which are often overlooked. The proteins in this milk contain all the essential amino acids that the human body cannot synthesize. The good digestibility of goat milk, due to its exceptional content of short fatty acids, its antimicrobial and hypotensive properties conferred by its richness in biological peptides, its impact on the health of different age categories of individuals, as well as its good profitability in quality cheese, are, to date, the subject of many studies, in particular, on its physicochemical and microbiological properties.

Keywords: Goat milk - Dairy production - Quality - Physico-chemical characteristics
Microbiological characteristics - Goat Faculty.

ملخص

في العائلة الكبيرة من منتجات الألبان، يوجد واحد خاص جدًا ، حليب الماعز. في هذا الملخص الببليوغرافي ، نهتم بالصفات الغذائية والعلاجية الاستثنائية التي يقدمها حليب الماعز ، والتي غالبًا ما يتم تجاهلها. تحتوي البروتينات الموجودة في هذا الحليب على جميع الأحماض الأمينية الأساسية التي لا يستطيع جسم الإنسان تصنيعها. الهضم الجيد لحليب الماعز ، بسبب محتواه الاستثنائي من الأحماض الدهنية القصيرة ، خصائصه المضادة للميكروبات وضغط الدم التي تمنحها غناه بالبيتيدات البيولوجية ، وتأثيرها على صحة الفئات العمرية المختلفة للأفراد بالاضافة الى ربحيته الجيدة في الجبن عالي الجودة ، هي ، حتى الآن ، موضوع دراسات عديدة ، على وجه الخصوص ، حول خصائصه الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز - إنتاج الألبان - الجودة - الخصائص الفيزيائية والكيميائية - الخصائص الميكروبيولوجية - قطاع الماعز.

Résumé

Dans la grande famille des produits laitiers, il en existe un, bien particulier, le lait de chèvre. Dans cette synthèse bibliographique, nous nous sommes intéressés aux qualités nutritionnelles et thérapeutiques exceptionnelles qu'offre le lait caprin, souvent méconnues. Les protéines de ce lait contiennent tous les acides aminés indispensables que le corps humain ne peut pas synthétiser. La bonne digestibilité du lait caprin, due à sa teneur exceptionnelle en acides gras courts, ses vertus antimicrobiennes et hypotensives conférées par sa richesse en peptides biologiques, son impact sur la santé des différentes catégories d'âge d'individus, ainsi que sa bonne rentabilité en fromage de qualité, font, à ce jour, l'objet de nombreux travaux, notamment, sur ses propriétés physico-chimiques et microbiologiques.

Mots-clés : Lait de chèvre- Production laitière- Qualité- Caractéristiques physico-chimiques- Caractéristiques microbiologiques- Filière caprine.