

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
تعماجي للاليجا تماعنوب
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité: Microbiologie Appliquée

**ETUDE DE L'EFFET D'UN REGIME ALIMENTAIRE A BASE
D'ARTEMISIA HERBA ALBA (CHIH) SUR LA QUALITE
MICROBIOLOGIQUE ET PHYSICOCHIMIQUE
DU LAIT DE CHEVRE**

Présenté par:

- **CHENOUI** Manal
- **FEKIR** Marwa
- **FETTAH** Roumaissa

Devant le jury :

ABDELLI. W	MCB	Président	(U.D.B Khemis Miliana)
BOURAS. H	MAA	Promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
CARTELO.L	MAA	Examinatrice	(U.D.B Khemis Miliana)

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH de nous avoir donné la force et la puissance à accomplir ce modeste travail, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent tout d'abord à notre encadreur Mr. **BOURAS Hacène**, pour l'assistance qu'il nous a témoignée, pour sa disponibilité, pour ses orientations et conseils sans lesquels ce travail ne verra pas le jour, qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude.

Nous adressons notre sincère remerciement à Mme. **ABDELLI Wafa**, Maitre de conférences classe B à l'université de Khemis Miliana, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous présentons également nos vifs remerciements à Mlle. **Cartelo Leila Amel**, Maitre-assistante classe A à l'université de Khemis Miliana, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous remercions vivement Mr. **SAIFI Mounir**, Maitre de conférences Classe A à l'université de Khemis Miliana, qui nous a apporté la plante « *Artemisia* ».

Nous tenons à remercier vivement Melle **Aicha**, l'ingénieure de laboratoire de microbiologie pour sa précieuse aide et pour avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire pour l'analyse microbiologique du lait de chèvre.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à Mr. **KADAOUI Sofiane**, le directeur du laboratoire de laiterie d'ARIB, de nous avoir facilité l'accès au laboratoire de laiterie et d'avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires pour la réalisation de notre étude.

Nous remercions énormément toute l'équipe du laboratoire de microbiologie et de physicochimie de la laiterie pour leur aide consentie pour la réalisation de ce travail.

Nous exprimons nos sincères gratitude à tous les enseignants de notre faculté, pour leur dévouement et leur assistance tout au long de notre formation.

Enfin, nous exprimons par ces quelques lignes de remerciement nos profondes gratitude envers tous ceux qui par leur présence, leur soutien, leur disponibilité leur aide et leurs conseils nous avons trouvé courage afin d'accomplir ce projet. En particulier nos chères familles.

Dédicaces

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance, aussi le courage et la volonté pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire qui est le fruit de tout un long chemin d'études :

A la mémoire de mon très cher et regretté Grand- père **DJELLOULI Mohammed**, qui nous a quittés trop tôt; en reconnaissance pour son amour et sa gentillesse. Il était le guide vigilant et le juste conseillé. Qu'Allah vous pardonne, vous accueille dans son immense paradis et vous accorde sa miséricorde.

A ma très chère mère **Fatma**, l'être le plus cher à mon cœur. À celle qui m'a guidée pour faire mes premiers pas et qui m'a appris mon premier mot, à celle qui fut toujours à mes côtés, qui a illuminé mes nuits sombres et a ensoleillé mes jours avec son inépuisable affection, quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai peine de remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, la bienveillance me guide et la présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. Qu'ALLAH te garde pour moi.

A mon très cher père **Habib**, Mon exemple d'éternel. A celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir. Qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et amour. Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection. Qu'ALLAH te garde pour moi.

A mes très chères sœurs: **Wided, Abir et Hiba**, et mes très chers frères : **Mohammed et abd el Wahab**. La plus belle chose que la vie m'a donnée c'est de vous avoir. Je tiens à vous remercier pour votre affection, votre soutien, votre confiance et aussi pour les encouragements sans lesquels je n'aurais jamais pu tenir la distance. Notre force résidera toujours dans notre sincère entente et notre esprit de fraternité.

A mes jeunes tantes: **Habiba et Zahra**; vos conseils qui m'ont été très précieux. , vos encouragements durant mon cursus d'étude du primaire au supérieur ont été une source de motivation pour moi et m'ont permis d'affronter les difficultés de la vie afin d'aboutir à un tel résultat. Qu'ALLAH vous récompense.

A mes grandes mères, mes oncles, mes tantes maternelles et paternelles pour les encouragements. Je termine avec les personnes qui ont partagé tout le travail, qui ont supporté mon humeur au moment de stress, pour leur compréhension et leur patience, mon trinôme **Marwa et Roumaissa**.

MANAL

Dédicaces

Je m'incline devant ALLAH le tout puissant qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidée la franchir

À mes parents, mes principaux supporteurs depuis 25 ans, pour leur soutien infailible tout au long de ces années, avec toute ma reconnaissance et mon amour, d'avoir toujours été là dans toutes les étapes de mon parcours ;

À mes sœurs : Nidal, **Inès** et **Hiba** ;

À mon frère unique **Younes** ;

À ma moitié **Imad**, celui avec qui je me suis passée durant cette mémoire, celui qui me fait toujours rire, celui qui supporte mon caractère, et surtout celui qui a été tous les jours avec moi pour me rappeler que j'en étais capable, en témoignage de tout mon amour et de ma gratitude pour sa confiance et son soutien de tous les instants ;

À mes amies, pour les fous rires, les soirées, les repas, les ballades et même pour les moments moins sympathiques de notre vie d'étudiants où nous nous sommes serrés coudes, en espérant que nous passerons encore de bons moments ensemble ;

À mes proches ;

À ma deuxième famille ;

À ceux que je n'ai pas cités mais qui se reconnaîtront, j'exprime toute ma gratitude pour leur soutien, les moments de partage et d'amitiés;

À vous tous

Je dédie ce modeste travail.

ROUMAISSA

Dédicaces

Ce travail, je le dédie :

À Ma très chère mère,

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifices. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Je ne peux exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. Qu'ALLAH te protège.

À Mon cher papa,

Pour son amour et le soutien et la confiance, et merci pour ses sacrifices et pour l'encouragement, merci papa.

À Mes frères et ma sœur : Islam, ânes et Nourhane pour leur solidarité.

À Mon mari chéri MOHAMED, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon amour, je te remercie pour ta présence, ton écoute et ton appui sans failles.

À Toute ma famille petits et grands, cousins et cousines et surtout mes grandes- mères **Zoubida** et **Chrifa**, mon grand-père **Mohamed**.

À Toutes mes amies que j'aime tant: **Basma, Ahlem, Aicha, Manal, Hanaa, Rachida** et **Aya**.

A tous ceux qui de loin ou de près ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail; merci infiniment et soyez-en récompensés au centuple.

MARWA

ملخص

"*Artemisia herba alba*" هو نبات طبي وعطري يستخدم منذ فترة طويلة في الطب الجزائري التقليدي. واشتهر في الجزائر باسم شيح. وقد أظهرت الدراسات أن النظام الغذائي له تأثير على خصائص الحليب. لذلك هدفت هذه الدراسة إلى معرفة تأثير نظام غذائي يعتمد على نبتة الشيح على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لحليب الماعز.

المنهجية: ماعز من سلالة سنين في بداية الرضاعة تم إخضاعها لحصتين غذائيتين مختلفتين بغياب (النظام الغذائي الأول) أو وجود نبتة الشيح (النظام الغذائي الثاني). استمر التعرض لكل حصة أسبوعين. من أجل تحديد تأثير النظام الغذائي المعتمد على نبتة الشيح على الحليب ، تم إجراء تحليلات فيزيائية ، كيميائية وميكروبيولوجية.

النتائج: درجة الحموضة (pH) ، والحموضة (D°) ، ومحتوى الدهون (جم / لتر) ، ومحتوى المادة الجافة (جم / لتر) ، وكثافة الحليب في النظام الغذائي الأول ، وكثافة الحليب في النظام الغذائي الثاني على التوالي (النظام الأول ، النظام الثاني): (6.69) ، (6.67) (12 ، 14) ، (60 ، 47) ، (153.5 ، 139.6) ، (1028 ، 1028). أظهر التحليل الميكروبيولوجي عدم وجود القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية D ومخفضات الكلوستريديوم الكبريتية والسالمونيلا وبقايا المضادات الحيوية في لبن النظامين. من ناحية أخرى ، كان مجموع النباتات الهوائية المحبة للحرارة (2.7×10^3 UFC/ml) ومجموع القولونيات الكلية (3.6×10^3 CFU/ml) موجودة فقط في النظام الغذائي I. وبالمثل ، سلالتان من الفطريات *Scopulariopsis sp.* و *Penicillium sp.* ، لوحظتا فقط في حليب النظام الغذائي الأول.

الاستنتاجات: على المستوى الفيزيائي والكيميائي ، فإن النظام الغذائي القائم على نبتة الشيح يجلب بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحليب إلى قيم أقرب إلى المعايير. من وجهة نظر ميكروبيولوجية ، يبدو أن حليب النظام الغذائي القائم على نبتة الشيح له خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات ، ويمكن لهذا النبات أن يحل محل المضادات الحيوية الاصطناعية المستخدمة في النظام الغذائي لحيوانات الألبان.

الكلمات المفتاحية: الماعز ، النبات الطبي ، الحليب ، التحليل الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي ، الغذاء

Résumé

Objectifs : L'armoise blanche «*Artemisia herba alba*» est une plante médicinale et aromatique utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle algérienne. C'est l'armoise la plus connue en Algérie sous le nom de Chih. Des études ont montré que l'alimentation a un effet sur les propriétés du lait. Ainsi, cette étude a visé d'investiguer les effets d'un régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* sur les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du lait de chèvre.

Méthodologie : Une chèvre de race Sannen en début de lactation a été soumise à deux rations alimentaires différentes par l'absence (régime I) ou présence d'*Artemisia herba alba* (régime II). L'exposition à chaque ration a duré deux semaines. Afin de déterminer l'effet du régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* sur le lait, des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées.

Résultats : Le pH, l'acidité (°D), la teneur en matières grasses (g/l), le taux de la matière sèche (g/l) et la densité du lait du régime I et celui du régime II étaient respectivement (régime I, régime II) : (6.69, 6.67) (12, 14), (60, 47), (153.5, 139.6), (1028, 1028). L'analyse microbiologique a montré l'absence des *Coliformes fécaux*, *Streptocoques fécaux D*, *Clostridium sulfito-reducteurs*, *Salmonelle* et résidus d'antibiotiques dans le lait des deux régimes alimentaires. Par contre, la flore aérophile mésophile totale ($2.7 \times 10^{+3}$ UFC/ml) et les *Coliformes totaux* ($3.6 \times 10^{+3}$ UFC/ml) étaient présentes seulement dans le régime I. De même, deux souches de champignons, *Scopulariopsis sp.* et *Penicillium sp.*, ont été observées uniquement dans le lait du régime I.

Conclusions : Sur le plan physicochimique, l'alimentation à base d'*Artemisia herba alba* amène certaines propriétés physicochimiques du lait à des valeurs plus proches des normes. Sur le plan microbiologique, le lait d'un régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* semble être doté d'un pouvoir antibactérien et antifongique, et que cette plante peut se substituer aux antibiotiques de synthèse utilisés dans l'alimentation des animaux laitiers.

Mots clés : Chèvre, plante médicinale, lait, analyse physicochimique et microbiologique, alimentation

Abstract

Objectives: *Artemisia herba alba* is a medicinal and aromatic plant used for a long time in traditional Algerian medicine. It is the best known wormwood in Algeria under the name of Chih. Studies have shown that diet has an effect on the properties of milk. Thus, this study aimed to investigate the effects of a diet based on *Artemisia herba alba* on the physicochemical and microbiological characteristics of goat's milk.

Methodology: A goat of the Sannen breed at the start of lactation was subjected to two different food rations by the absence (diet I) or presence of *Artemisia herba alba* (diet II). Exposure to each ration lasted two weeks. In order to determine the effect of the diet based on *Artemisia herba alba* on the milk, physicochemical and microbiological analyses were carried out.

Results: The pH, acidity (°D), fat content (g/l), dry matter content (g/l) and milk density of diet I and that of diet II were respectively (diet I, diet II): (6.69, 6.67), (12, 14), (60, 47), (153.5, 139.6), (1028, 1028). The microbiological analysis showed the absence of *faecal coliforms*, *faecal Streptococci D*, *sulphite-reducing Clostridium*, *Salmonella* and *antibiotic residues* in the milk of the two diets. On the other hand, *total mesophilic aerophilic flora* (2.7×10^3 CFU/ml) and *total Coliforms* (3.6×10^3 CFU/ml) were present only in the diet I. Similarly, two strains of fungi, *Scopulariopsis sp.*, and *Penicillium sp.*, were observed only in the milk of diet I.

Conclusions: On the physicochemical level, the diet based on *Artemisia herba alba* brings certain physicochemical properties of milk to values closer to the standards. From a microbiological point of view, the milk of a diet based on *Artemisia herba alba* seems to have antibacterial and antifungal properties, and that this plant can replace synthetic antibiotics used in the diet of dairy animals.

Keywords: Goat, medicinal plant, milk, physicochemical and microbiological analysis, diet

Liste des tableaux

1. Composition biochimique du lait de chèvre	11
2. Composition vitaminique du lait de chèvre et celui de vache en mg/100g.....	15
3. Composition lipidique du lait de chèvre et celui de vache.....	16
4. Les paramètres physicochimiques standards du lait de chèvre.....	18
5. Critères microbiologiques sur les laits de chèvres destinés à être transformés.....	21
6. Valeur nutritive de la plante <i>Artemisia herba alba</i>	41
7. Les résultats d'analyse de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques physicochimiques du lait de la chèvre.....	69
8. Résumé des résultats d'analyse microbiologique du lait des deux régimes alimentaire.....	72
9. Résultats d'analyse de la recherche des germes totaux dans le lait des deux régimes alimentaires.....	73
10. Résultats du dénombrement de la flore mésophile aérobie totale.....	75
11. Résultats d'analyse de la recherche des coliformes fécaux dans le lait des deux régimes alimentaires.....	76
12. Résultats du dénombrement des coliformes fécaux.....	77
13. Résultats d'analyse de la recherche des coliformes totaux dans le lait des deux régimes alimentaires.....	78
14. Résultats du dénombrement des coliformes totaux.....	79
15. résultats d'analyse de la recherche des Clostridium sulfito-réducteurs dans les laits des deux régimes alimentaires.....	80
16. Résultats du dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	81
17. Résultats d'analyse de la recherche des salmonelles dans les laits des deux régimes alimentaires.....	82
18. Résultats du dénombrement des Salmonelles.....	82
19. Résultats d'analyse de la recherche des Streptocoques fécaux D dans le lait des deux régimes alimentaires.....	83
20. Résultats du dénombrement des Streptocoque fécaux D.....	84
21. Résultats d'analyse de la recherche des levures et moisissures dans le lait du régime I....	85

Liste des figures

1. Exemple des chèvres Arabia et Makatia.....	06
2. Exemple des chèvres Mozabite et Kabyle.....	07
3. Structure de la mamelle de la chèvre.....	08
4. Facteurs de variation de la composition du lait.....	16
5. Vue des coliformes au microscope électronique.....	27
6. Vue des <i>Staphylococcus aureus</i> au microscope électronique.....	28
7. Vue des Salmonelles au microscope électronique.....	29
8. Présentation de <i>Listeria monocytogenes</i>	30
9. <i>Clostridium perfringens</i> et <i>Clostridium botulinum</i>	31
10. <i>Artemisia herba alba</i> : (A) la plante au début de la saison de floraison, (B) la plante à la fin de la saison de floraison.....	36
11. Morphologie de la fleur d' <i>Artemisia herba alba</i>	37
12. Carte géographique de la wilaya d'Ain Defla.....	44
13. Présentation de la laiterie Arib « GIPLAIT » situé à Arib (Ain Defla).....	45
14. La chèvre (race Saanen).....	46
15. Alimentation de la chèvre.....	46
16. Prélèvement de l'échantillon.....	47
17. Les mamelles de la chèvre.....	47
18. Les échantillons de lait de la chèvre.....	47
19. Détermination du pH du lait.....	49
20. Détermination de l'acidité du lait.....	50
21. Détermination de l'extrait sec total	52
22. Détermination de la densité du lait.....	53
23. Les étapes pour la détermination de la matière grasse du lait.....	55
24. Les dilutions décimales préparées dans les analyses microbiologiques.....	57
25. Les étapes de la recherche de la flore aérobie mésophile totale.....	58
26. Les étapes de la recherche des coliformes totaux et fécaux du lait.....	60
27. Recherche des résidus d'antibiotique par le test de BETASTAR S Combo.....	65
28. Lecture des résultats de la recherche des résidus d'antibiotiques.....	67
29. Résultat de la recherche des résidus d'antibiotiques.....	87

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

ADN : Acide désoxyribonucléique

AFNOR : Association françaises de normalisation

DSA : Direction des Services Agricoles

D/C : Double concentration

EST : Extrait sec total

FAO : Food and agriculture organisation (organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture)

FAMT : Flore aérobie mésophile totale

UFC/ml : Unité Formant de Colonie par millilitre

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

Kg : Kilogramme

g : gramme

MG : Matière Grasse

MS : Matière sèche

ml : Millilitre

MRS: Milieu de Man, Rogosa et Sharpe

NaOH : Hydroxyde de sodium

NF : Norme Française

PCA : Plate count Agar

pH : Potentiel d'hydrogène

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

TSE : Eau physiologie

VF : Viande de Foie

VRBL : Violet Red Bile Lactose (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

S/C : Simple concentration

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
ملخص	V
Résumé.....	VI
Abstract.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des abréviations.....	X
Introduction générale.....	01
Première Partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur le lait de chèvre	
I. Le caprin en Algérie.....	05
1. Place des caprins dans le règne animal.....	05
2. Les principales races caprines dans le monde.....	05
3. L'élevage caprin en Algérie.....	05
3.1. Modes d'élevage en Algérie.....	05
3.2. Les races caprines Algériennes et leurs principales caractéristiques.....	06
3.2.1. Les races locales	06
3.2.1.1. La chèvre ARBIA.....	06
3.2.1.2. La chèvre MAKATIA.....	06
3.2.1.3. La chèvre KABYLE «Naine de Kabylie».....	06
3.2.1.4. La chèvre MOZABITE.....	07
3.2.2 .Les races importées.....	07
3.2.3. La population croisée.....	07
4. Lactation chez la chèvre	07
4.1. Anatomie de la mamelle de chèvre.....	07
4.2. Activité de la mamelle.....	09
4.2.1. Lactogènes.....	09
4.2.2. Galactopoïèse.....	09
II. Lait de chèvre.....	10
1. Introduction.....	10

2. Production laitière caprine.....	10
3. Caractéristiques du lait de chèvre.....	10
3.1. Caractéristiques organoleptiques	10
3.2. Composition chimique.....	10
3.2.1. L'eau.....	11
3.2.2. La matière grasse.....	11
3.2.3 . Les protéines.....	12
3.2.3.1. Les caséines.....	12
3.2.3.2. Les protéines sériques.....	12
3.2.4. Les glucides.....	13
3.2.5. Les enzymes.....	13
3.2.6. Les minéraux.....	13
3.2.7. Les vitamines.....	14
3.2.7.1. Les vitamines liposolubles.....	14
3.2.7.2. Les vitamines hydrosolubles.....	14
3.2.8. Les lipides.....	15
4. Facteurs affectant la qualité du lait de chèvre.....	16
Chapitre II : Etude des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques	
III. Qualités du lait de chèvre.....	18
1. Qualité Physicochimiques.....	18
1.1. Masse volumique et densité du lait.....	19
1.2. Point de congélation.....	19
1.3. Point d'ébullition.....	19
1.4. Acidité du lait.....	19
1.4.1. Acidité titrable.....	20
1.5. pH.....	20
2. Qualité microbiologique.....	20
2.1.La microflore bactériologique du lait.....	20
2.2. La flore totale.....	21
2.3. La flore utile (la flore originelle).....	21
2.4. La flore lactique.....	21

2.4.1. Les différents genres.....	22
2.4.1.1. <i>Lactobacillus</i>	22
2.4.1.2. <i>carnobacterium</i>	23
2.4.1.3. <i>Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus et Vagococcus</i>	23
2.4.1.4. <i>Leuconostoc, Oenococcus et Weissella</i>	23
2.4.1.5. <i>Aerococcus, Pediococcus et Tetragenococcus</i>	24
2.4.2. <i>Bifidobacterium</i>	24
2.5. Microflore d'affinage.....	24
2.5.1. Les bactéries propioniques.....	24
2.5.2. Levures et moisissures.....	24
2.5.2.1. Les levures.....	24
2.5.2.2. Les moisissures.....	25
2.5.3. Corynébactéries.....	25
2.6. Flore de contamination.....	26
2.6.1. Les flores d'altérations.....	26
2.6.1.1. La flore psychrotrope.....	26
2.6.1.2. La flore thermorésistante.....	26
2.6.1.3. La microflore coliformes.....	26
2.6.2. La microflore pathogène.....	27
2.6.2.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	27
2.6.2.2. <i>Salmonella</i>	28
2.6.2.3 <i>Listeria monocytogenes</i>	29
2.6.2.4. Clostridies.....	30
2.6.2.5. Streptocoques D (fécaux).....	31
3. Activité microbienne.....	31
Chapitre III : <i>Artemisia herba alba</i>	
1. Généralités sur les plantes médicinales.....	34
1.1. Histoire des plantes médicinales en Algérie.....	34
1.2. Définition des plantes médicinales.....	34
1.3. Conservation des plantes médicinales.....	34
1.4. Domaines d'applications des plantes médicinales.....	34
1.4.1. En médecine.....	35

1.4.2. En cosmétique.....	35
1.4.3. En alimentation.....	35
1.5. Intérêt de l'étude des plantes médicinales.....	35
2. Présentation de la plante <i>Artemisia herba alba</i>	36
2.1. Historique et terminologie.....	36
2.2. Classification de la plante.....	37
2.3. Appellation.....	37
2.4. Ecologie de la plante.....	38
2.5. Répartition géographique.....	38
2.6. Composition chimique de la plante.....	38
2.6.1. Terpènes de l' <i>Artemisia</i> « Herba Alba ».....	39
2.6.2. Flavonoïdes de l' <i>Artemisia</i> « Herba Alba ».....	39
2.7. Utilisation de la plante.....	39
2.7.1. Usage alimentaire.....	39
2.7.2. Activité antimicrobienne.....	39
2.7.3. Usages traditionnels et médicinaux.....	40
2.7.4. Usage fourragère.....	40
2.8. Toxicité de la plante.....	41
Deuxième partie : Etude expérimentale	
Chapitre VI : Matériels Et Méthodes	
1. Objectif.....	44
2. Présentation la wilaya de l'étude.....	44
2.1. Situation géographique.....	44
2.2. Présentation de la laiterie de l'étude.....	45
3. Conditions expérimentales.....	45
3.1. Matériel animal.....	45
3.2. Mode d'alimentation.....	45
4. Echantillonnage et prélèvement.....	46
4.1. Prélèvement du lait.....	46
4.2. Techniques de prélèvement.....	46
5. Analyses physicochimiques.....	48
5.1. Détermination du pH.....	48

5.2. Détermination de l'acidité titrable.....	49
5.3. Détermination de l'extrait sec total.....	51
5.4. Détermination de la densité.....	52
5.5. Détermination de la matière grasse.....	54
6. Analyses microbiologiques.....	55
6.1. Préparation des dilutions décimales.....	56
6.2. Recherche de la flore aérobie mésophile totale.....	57
6.3. Recherche des coliformes totaux et fécaux.....	59
6.4. Recherche des <i>Clostridium sulfito réducteurs</i>	60
6.5. Recherche des salmonelles.....	62
6.6. Recherche des streptocoques fécaux D.....	63
6.7. Recherche des résidus d'antibiotiques.....	64
6.8. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	67
Chapitre V: Résultats Et Discussion	
1. Etude comparative de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre.....	69
1.1. Le pH.....	69
1.2. L'acidité titrable.....	70
1.3. La densité.....	70
1.4. La matière grasse.....	70
1.5. La matière sèche.....	71
2. Etude comparative de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques microbiologiques du lait de la chèvre.....	71
2.1. Flore aérobie mésophile totale.....	73
3.2. ColiformEs fécaux.....	76
3.3. Coliformes totaux.....	78
3.4. <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	80
3.5. Salmonelles.....	82
3.6. Streptocoques fécaux D.....	83
3.7. Levures et Moisissures.....	85
4. Résidus d'antibiotiques.....	87

Conclusion générale..... 89

Références bibliographiques..... 91

Annexes..... 97

Introduction

Introduction

Les chèvres jouent un rôle important dans les systèmes de production alimentaire des pays en voie de développement. Ce sont des bêtes très appréciées parce qu'elles s'adaptent facilement à des climats très divers (adaptation écologique) et parce qu'il y a de nombreuses raisons d'en faire l'élevage. Elles occupent une grande place dans les pays en voie de développement ; en 1981, 96 % de l'effectif mondial des chèvres se trouvaient dans ces pays, soit 476 millions sur les 496 millions existant dans le monde. Les chèvres y représentent 20% des ruminants élevés en troupeau. C'est en Afrique et dans le sous-continent indien qu'elles sont en plus grand nombre.

L'élevage caprin représente près de 15% de l'effectif total du cheptel national avec une production de 42 000 tonnes de viande et 267 000 tonnes de lait (**FAO, 2018**). En raison de son adaptation aux milieux difficiles, 13,2% de cet élevage est pratiqué dans les zones montagneuses, 28,3% dans la zone du Tell, 30,7% dans les zones steppiques et 26,6% dans les zones du sud. Le cheptel caprin algérien est très hétérogène et composé d'animaux de populations locales. L'élevage de ces races adaptées est orienté vers une production mixte (viande et lait) (**Guintard et al, 2018**). Les élevages caprins existants en Algérie sont de type traditionnel (**Sahraoui et al, 2016**), et la majorité d'entre elles sont soumises uniquement à la sélection naturelle. Les systèmes d'élevage sont strictement pastoraux et extensifs quelle que soit la région et la taille des troupeaux. Avec une alimentation basée sur le pâturage, la productivité laitière des chèvres demeure toujours faible.

En Algérie, la production du lait de chèvre ne permet pas l'autosuffisance, car l'accroissement du cheptel arrive à peine à suivre l'évolution de la population. Il est probable que le lait de chèvre en Algérie, comme le lait de vache, soit utilisé traditionnellement par les éleveurs depuis fort longtemps mais sa valorisation industrielle est souvent très restreinte, voir inexistante (**Daoudi, 2006**).

Le lait de chèvre est moins connu et moins utilisé que le lait de vache et pourtant il a des qualités nutritionnelles bien plus importantes que le lait de vache. Le lait de chèvre est une source de bienfaits pour la santé de l'homme. Il mériterait d'être plus consommé, il a les mêmes qualités nutritionnelles que celles du lait de femme.

Les ruminants y compris les chèvres se nourrissent majoritairement de plantes. Des études ont montré que les qualités physicochimiques du lait sont en relation directe avec les caractéristiques physicochimiques des plantes ingérées par les animaux laitiers. Comme l'armoise herbe blanche, plante originaire d'Algérie, est l'un des aliments offerts aux chèvres soit accidentellement lors du pâturage ou volontairement par les éleveurs, cette présente étude voulait aussi explorer l'effet de l'alimentation à base d'Armoise herbe blanche sur les qualités microbiologiques et physicochimiques du lait de chèvre.

Les objectifs de cette étude sont :

- Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chèvre,
- Etude de l'effet de l'alimentation d'une plante médicinale (*Artemisia herba alba*) sur la qualité du lait de chèvre

Chapitre I :

Généralités sur le lait de chèvre

I. Le caprin en Algérie

1. Place des caprins dans le règne animal

La chèvre est un mammifère herbivore et ruminant. Selon **Babo (2000) et Fournier (2006)**, la classification de la chèvre domestique dont le nom scientifique est *Capra hircus* est la suivante :

Règne : Animal

Embranchement : Vertébré

Classe : Mammifère

Sous classe : Placentaires

Ordre : Artiodactyles

Sous ordre : Ruminants.

Famille : Bovidés

Sous famille : Caprinés

Genre : *Capra*

Espèce : *Capra hircus*

2. Les principales races caprines dans le monde

Les populations caprines sont classées en trois races : la chèvre d'Asie, la chèvre d'Europe, la chèvre Afrique.

3. L'élevage caprin en Algérie

En Algérie, l'élevage caprin est présent dans toutes les zones, mais la majeure partie de l'effectif se trouve dans les zones steppique et subdésertique. Le cheptel caprin a atteint en 2008 un effectif de 3.8 millions de têtes et occupe la troisième place après l'ovin et le bovin. La conduite de l'élevage est généralement extensive (**FAO, 2008**).

3.1. Modes d'élevage en Algérie

Il existe 3 modes d'élevage en Algérie : élevage sédentaire, élevage nomade et élevage transhumant (**Moula et al., 2017**).

3.2. Les races caprines algériennes et leurs principales caractéristiques

3.2.1. Les races locales

3.2.1.1. La chèvre ARABIA

La chèvre ARABIA est appelée aussi Bédouine. L'effectif le plus élevé se localise surtout dans les régions steppiques. Elle se distingue par de longues oreilles tombantes, des pattes allongées, couverte de longues poils de couleur brun foncé au noir et parfois tachetées de blanc. Elle est rustique, et elle est connue pour sa production (**Chekikene et al., 2021**).

3.2.1.2. La chèvre MAKATIA

La chèvre MAKATIA est apparentée aux chèvres sahéliennes. Sa localisation s'étend du nord, dans les montagnes de l'atlas tellien, jusqu'aux régions steppiques. Elle est de grande taille. Elle est cornue avec de longues oreilles tombantes et une barbiche, et elle porte souvent des pendeloques. La robe, aux poils ras, varie du beige au brun en passant par le gris et le blond (**Chekikene et al., 2021**).



Figure 1 : Exemple des chèvres Arabia et Makatia.

3.2.1.3. La chèvre KABYLE «Naine de Kabylie»

La *Naine de Kabylie* peuple les montagnes de la Kabylie et des Aurès. C'est une chèvre robuste de petite taille. La tête, au profil convexe, porte de longues oreilles tombantes et des cornes dressées. La robe est soit blanche soit brune. C'est une bonne bouchère et une mauvaise laitière (**Chekikene et al., 2021**).

3.2.1.4. La chèvre MOZABITE

La chèvre du M'Zab (ou Touggourt) est décrite comme étant une chèvre de taille moyenne (65 cm), au corps allongé, droit et rectiligne avec une tête cornée. La majorité des femelles sont cornues (63%). Sa robe est à poils courts et présente trois couleurs : le chamois, le blanc et le noir. Elle est considérée comme bonne laitière (2,5 litres/jour) (Chekikene *et al.*, 2021).



Figure 2 : Exemple des chèvres Mozabite et Kabyle.

3.2.2. Les races importées

Plusieurs races performantes telles que, Saanen Alpine et Maltaise, ont été introduites en Algérie pour des essais d'adaptation et d'amélioration des performances zootechniques de la population locale (production laitière et de viande).

3.2.3. La population croisée

C'est le résultat de croisements entre les races standardisées.

4. Lactation chez la chèvre

4.1. Anatomie de la mamelle de chèvre

La mamelle est la glande qui caractérise tous les mammifères femelles et qui a pour fonction de produire le colostrum et le lait. Chez la chèvre, elle est située dans la partie inguinale et constituée de 2 moitiés indépendantes qui se terminent chacune par un appendice appelé trayon. La mamelle est attachée à la paroi abdominale inférieure par deux ligaments suspenseurs latéraux qui entourent sa partie supérieure et se réunissent dans son plan médian formant une paroi très épaisse qui sépare les 2 demi-mamelles et qui correspond au ligament suspenseur médian (Kouri, 2019).

La mamelle est une glande exocrine tubulo-acineuse d'origine ectodermique. Son tissu glandulaire est formé par un ensemble de lobules alvéolaires débouchant dans des canaux galactophores qui forment une arborisation. Chaque alvéole est constituée de cellules épithéliales qui reposent sur une membrane basale et qui sont entourés par des cellules myoépithéliales. Les alvéoles débouchent dans les canaux galactophores lobulaires qui s'unissent progressivement pour donner naissance aux canaux principaux ou lactifères qui débouchent à leur tour dans le sinus galactophore appelé aussi citerne de la mamelle. Cette dernière communique avec le sinus du trayon qui s'ouvre au niveau du canal galactophore ou canal du trayon. Ce canal contient des replis au niveau de sa face interne formant la rosette de Fürstenberg et se termine par une ouverture extérieure qui reste fermée entre les tétées ou les traites, et ceci grâce à un sphincter qui joue le rôle d'une barrière naturelle contre les agents infectieux susceptibles de provoquer une mammite (**Kouri, 2019**).

La mamelle est un organe fortement irrigué et innervé. Son système sanguin joue un rôle très important en apportant les nutriments et les hormones nécessaires à la synthèse et l'éjection du lait (**Kouri, 2019**).

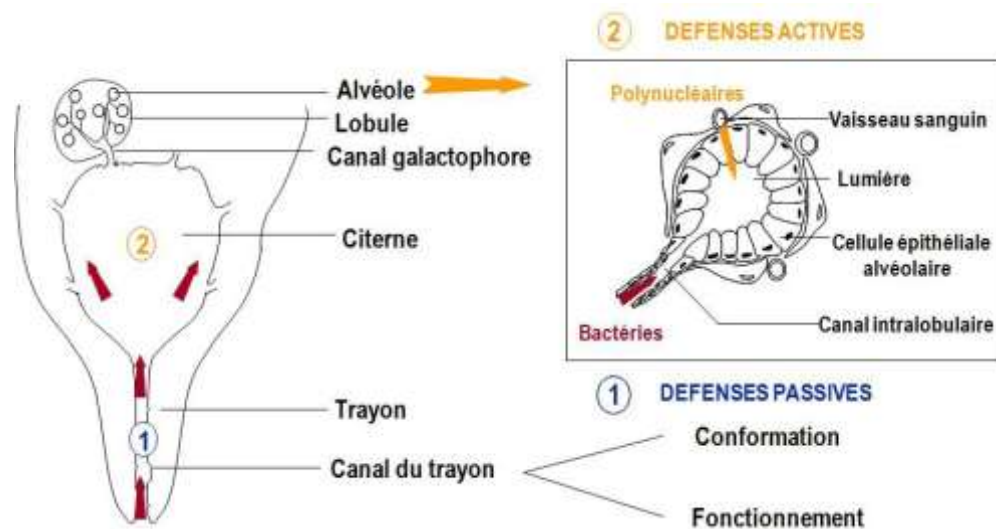


Figure 3 : Structure de la mamelle de la chèvre.

4.2. Activité de la mamelle

L'activité de la mamelle est constituée de 2 phases qui se suivent et qui se distinguent par la cytologie de la glande, le produit synthétisé ainsi que les mécanismes physiologiques régulateurs ; c'est la lactogenèse et la galactopoïèse (**Kouri, 2019**).

4.2.1. Lactogenèse

La lactogenèse ou montée laiteuse est le déclenchement de la sécrétion lactée après la mise-bas au terme de la mammogenèse. Pendant cette phase la sécrétion de la mamelle est de type mérocrine où l'intégrité de la cellule épithéliale est maintenue et son produit est le colostrum (**Kouri, 2019**).

4.2.2. Galactopoïèse

Une fois initiée, l'activité de la mamelle doit être maintenue tout au long de la lactation ; il s'agit de la phase de galactopoïèse au cours de laquelle la mamelle produit le lait par apocrinie (sécrétion accompagnée de la partie apicale de la cellule épithéliale) et ceci grâce au réflexe neuroendocrinien déclenché par la tétée ou la traite (**Kouri, 2019**).

Le réflexe neuroendocrinien peut être conditionné par des stimuli tactiles, visuels et auditifs associés à la tétée ou à la traite (présence du petit, vue du trayeur, bruit des seaux, lavage du pis, entrée en salle de traite) et peut être inhibé par des situations stressantes (frayeur, douleur, changement de trayeur, changement d'environnement) principalement par l'adrénaline qui empêche l'éjection du lait (**Kouri, 2019**).

II. Lait de chèvre

1. Introduction

Le lait est un liquide physiologique complexe sécrété par les mammifères afin de nourrir leurs petits. L'origine de constituants du lait est double, ils proviennent des synthèses réalisées au sein des cellules mammaires à partir d'éléments sanguins (acides gras et triglycérides, protéines à partir des acides aminés, lactose à partir du glucose) et d'une filtration sélective de certains composants sanguins (sels minéraux). L'intérêt nutritionnel du lait tient à la qualité de ses protéines, de ses lipides et à ses vitamines en particulier à sa richesse en calcium. Le lait de chèvre est intéressant du point de vue nutritionnel ; il contient une bonne quantité de lipides et de protéines assimilables.

2. Production laitière caprine

La production laitière augmente avec l'âge de la chèvre : le maximum est atteint à la troisième ou quatrième lactation avec des écarts moyens de 150 kg de lait entre la première et la deuxième lactation et de 50 entre la deuxième et la troisième lactation. La quantité de lait produite par chèvre au cours de sa carrière est fonction de l'âge à sa première mise bas : les meilleurs résultats sont obtenus avec une mise bas à 1 an soit une saillie à 7 mois vers 35 kg de poids vif (**Pradal, 2012**).

3. Caractéristiques du lait de chèvre

3.1. Caractéristiques organoleptiques

Le lait de chèvre a un aspect liquide visqueux étant donné qu'il contient des substances colloïdales. Pour sa couleur il apparaît bien plus blanc que le lait de vache du fait de l'absence de la β -carotène (**Zeller, 2005**). Son odeur et sa saveur très prononcées sont notamment dues à la composition de ce lait par des acides gras libres spécifiques. Ces deux paramètres peuvent être encore plus intenses si la dégradation lipidique est importante (**Jaubert, 1997**).

3.2. Composition chimique

Le lait de chèvre est constitué essentiellement d'eau, et d'autres éléments à savoir le lactose, les protéines (caséines, globulines), les minéraux, les vitamines et aussi les lipides sous forme de triglycérides.

Tableau 1 : Composition biochimique du lait de chèvre (Claeys *et al.*, 2014).

Composés	Teneur
Matière sèche totale (%)	11.9-16.3
Protéines (%)	3-5.2
Matière grasse (%)	3-7.2
Lactose (%)	3.2-5
Minéraux (%)	0.7-0.9
Ca (mg/100mg)	85-198
P (mg/100mg)	79-153
K (mg/100mg)	140-242
Mg (mg/100mg)	10-36
Na (mg/100mg)	28-59
Fe (mg/100mg)	0.05-0.1
Zn (mg/100mg)	0.4-0.6
Cu (mg/100mg)	0.02-0.05
Thiamine (vitamine B1) (µg/100ml)	40-68
Riboflavine (vitamine B2) (µg/100ml)	110-210
Niacine (vitamine B3) (µg/100ml)	187-370
Acide pantothénique (vitamine B5) (µg/100ml)	310
Pyridoxine (vitamine B6) (µg/100ml)	7-48
Acide folique (vitamine B9) (µg/100ml)	0.24-1
Vitamine A (µg/100ml)	50-68

3.2.1. Eau

L'eau est le plus important et représente plus de 80%. Elle permet l'homogénéisation des autres composants solubles en les gardant ainsi en solution (Amiot *et al.*, 2002).

3.2.2 Matière grasse

Le lait de chèvre est riche en acide gras saturés à courte et moyenne chaîne ainsi qu'en acides gras intéressants dans les cas cliniques relatifs au transit digestif (Haenlein, 2004).

Les matières grasses sont en partie élaborées dans la mamelle de la chèvre. Elles se trouvent sous forme de globules gras en émulsion dans le lait. Elles ont un rôle déterminant dans les qualités organoleptiques des fromages. Le lait de chèvre contient en moyenne 35 à 40 g/l de matière grasse. C'est le constituant le plus variable du lait. La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides (95%) et de phospholipides (1%), des cérobrosides, du cholestérol (0.4%) et des acides gras libres (0.6%) (**Pradal, 2012**).

3.2.3. Protéines

Le lait de chèvre contient un ensemble de protéines dites « solubles » car elles restent en solution dans le lactosérum après emprésurage et coagulation des caséines. Ces protéines solubles représentent environ 20% des lactoprotéines. Ces protéines ont une structure globulaire ; deux d'entre elles sont majoritaires : l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline.

3.2.3.1. Les caséines

Elles représentent 80% des protéines du lait. Elles s'agglutinent en formant une structure particulière appelée micelles de caséine. Elles sont constituées de 3 types :

- La caséine α S1 et α S2,
- La caséine β ,
- La caséine k.

Les caséines α et β représentent à elles seules 80 % des caséines du lait. La caséine k joue un rôle déterminant lors de la coagulation du lait par la présure car c'est elle qui forme avec les autres caséines des complexes stables en présence d'ions calcium et phosphore et qui assure la répulsion entre les micelles de caséine. A l'inverse, la caséine α S1 et β assurent la cohésion des micelles (**Pradal, 2012**). **Caséinomacropeptide (CMP)** est une molécule hydrophile qui tapisse la surface de la micelle et qui par sa charge négative et son caractère hydrophile marqué, empêche la coalescence des particules micellaires (**Pradal, 2012**).

3.2.3.2. Les protéines sériques

Les protéines du lait de chèvre sont composées de 19% de protéines solubles (albumines et globulines). Elles sont des protéines sensibles aux traitements thermiques (**Lorient, 2000**). Les

fonctions de ces protéines sont très hétérogènes affectant des processus différents (**Amills et al., 2007**).

3.2.4. Les glucides

Les glucides du lait sont essentiellement constitués de lactose et de quelques autres sucres de faibles quantités. La teneur moyenne en lactose du lait de chèvre est d'environ 50g/l (**FTLQ, 2002**). Le glucose et galactose, produits d'hydrolyse bactérienne du lactose, vont être utilisés par les bactéries pour former de l'acide lactique dont la conséquence est d'entraîner une diminution du pH du lait. L'acidité ainsi obtenue est responsable de la déminéralisation des micelles qui va conduire à la formation du caillé (**Gelais et al., 2000**).

3.2.5. Les enzymes

Le lait de chèvre peut contenir aussi selon **Sylvain (2004)**, une glutathion peroxydase, agent 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. Les lactoperoxydases, les lipases, lipases oxydase sont aussi des systèmes enzymatiques qu'on retrouve dans le lait de chèvre.

3.2.6. Les minéraux

Les minéraux, et notamment le calcium et le phosphore, interviennent aussi dans le pouvoir tampon du lait en s'opposant à la diminution du pH. Ainsi un lait ayant une faible teneur en Ca et P, donc à faible pouvoir tampon, coagulera plus rapidement et pourra donner une consistance de pâte différente de celle d'un lait à fort pouvoir tampon (**Pradal, 2012**). La composition minérale du lait de chèvre est proche de celle du lait de vache. Le lait de chèvre est légèrement plus riche en Ca et P mais le rapport Ca/P est pratiquement le même. Les éléments Mg, K et Cl sont présents dans le lait de chèvre en concentrations nettement plus importantes que dans le lait de vache.

3.2.7. Les vitamines

Les vitamines sont des molécules sensibles qui ne peuvent être apportées que par l'alimentation. Elles sont nécessaires à l'organisme humain car elles ont un rôle de coenzyme. Dans le lait, les vitamines sont à l'état de traces. Cependant, le lait de chèvre apporte une bonne part de vitamine A, D et riboflavine et de niacine (**Latrech, 2019**).

3.2.7.1. Les vitamines liposolubles

Le lait de chèvre comporte près de deux fois plus de vitamine A que le lait de vache. La vitamine A se retrouve exclusivement sous forme de rétinol (**Latrech, 2019**). Le lait de chèvre se caractérise aussi par l'absence de précurseur β -carotène, ce qui est à l'origine de sa couleur blanche caractéristique. Les teneurs en vitamines D et E du lait caprin sont inférieures à celles du lait de vache. La vitamine D est connue pour son action essentielle dans l'absorption digestive et l'utilisation du Ca et P dans la formation des os alors que la vitamine E est connue pour son pouvoir antioxydant (**Jaubert, 1996**).

3.2.7.2. Les vitamines hydrosolubles

Le lait de chèvre est plus riche en vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B8, B12 que le lait de vache, et contient aussi trois fois plus de B3 (niacine) qui est un des constituants fondamentaux des coenzymes NAD-NADP (**Jaubert, 1996**).

Tableau 2 : Composition vitaminique du lait de chèvre et celui de vache en mg/100 g (Jaubert, 1996).

Vitamines	Chèvre	Vache
Vitamines liposolubles		
A rétinol	0.040	0.035
β-carotène	0.000	0.021
D	0.060	0.080
E tocophérol	0.040	0.110
Vitamines hydrosolubles		
B1 thiamine	0.050	0.040
B2 riboflavine	0.140	0.170
B3 niacine (PP)	0.020	0.090
B5 acide pantothénique	0.310	0.340
B6 pyridoxine	0.050	0.040
B8 biotine	2.000	2.000
B9 acide folique	1.000	5.300
B12 cobalamine	0.060	0.350
Acide ascorbique (Vitamine C)	1.300	1.000

3.2.8. Les lipides

Les lipides du lait de chèvre sont une composante importante de la qualité technologique et diététique des produits laitiers caprins. Ils peuvent modifier le rendement de transformation (fromage), la texture, la couleur et le goût des produits laitiers. Les triacylglycérols sont sujets à une hydrolyse enzymatique si le lait n'est pas bien conservé et libère des acides gras libres qui vont faire augmenter l'acidité du lait. Le cholestérol du lait caprin se présente en grande majorité sous forme libre. Le lait caprin est un peu plus riche en acides gras à chaîne courte (C6, acide caproïque ; C8, acide caprylique ; C10, acide caprique) que le lait de vache (Latrech, 2019).

Tableau 3 : Composition lipidique du lait de chèvre et celui de vache (Pellerin, 2001).

Lipides	Lait de chèvre	Lait de vache
Triglycérides (%)	95	98
Cholestérol (%)	0.4	0.3
Acides gras libres (%)	0.6	0.4
Phospholipides (%)	1.0	0.9

4. Facteurs affectant la qualité du lait de chèvre

Les facteurs les plus importants qui interviennent dans les variations qualitatives et quantitatives du lait de chèvre sont résumés dans la Figure 4. Tous ces facteurs peuvent avoir des interactions à effets antagonistes ou conjugués.

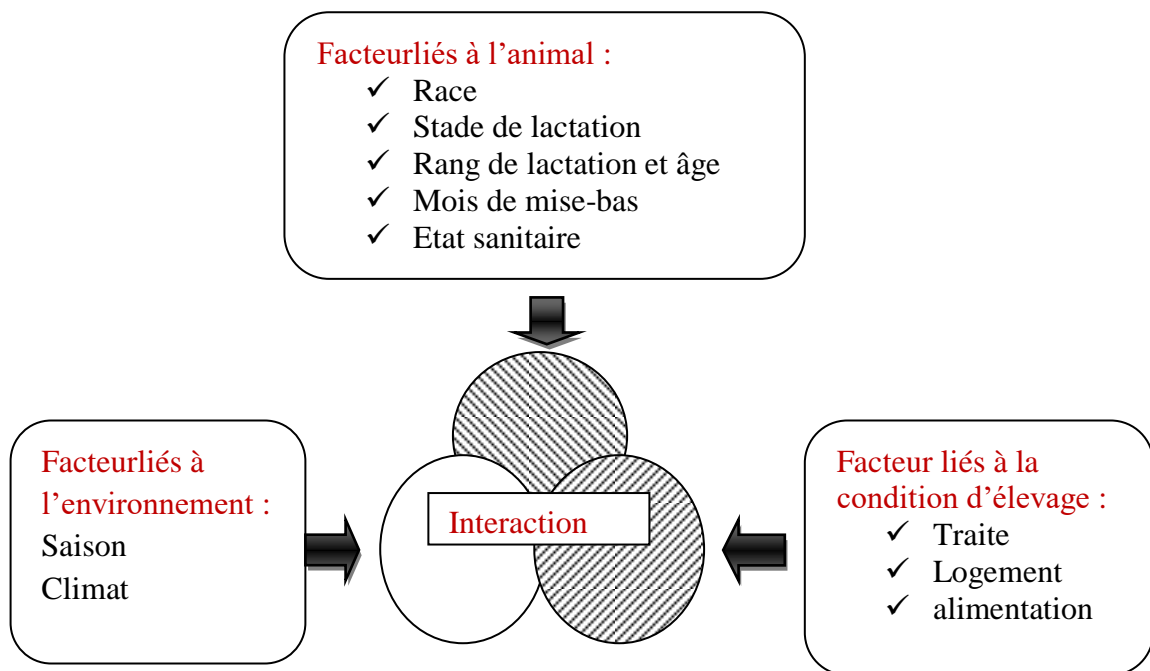


Figure 4 : Facteurs de variation de la composition du lait (Pradal, 2012).

Chapitre II :

Étude des caractéristiques physicochimiques
Et microbiologiques

III. Qualités du lait de chèvre

1. Qualité physicochimique

Les principales propriétés physicochimiques recherchées et analysées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition, l'acidité, et le pH.

Tableau 4 : Paramètres physicochimiques standards du lait de chèvre (Pradal, 2012).

Paramètres	lait de chèvre
pH	6.4 à 6.8 soit 12/14 °D
Poids du litre	1030 g
Eau	914 g
Extrait sec total	116 g
Matières grasses	35 g
Matières sèches dégraissées	83 g
Lactose	47 g
Matières azotées	29 g
Matières minérales	7 g

1.1. Masse volumique et densité du lait

La masse volumique, le plus souvent exprimée en grammes par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température. Pour diminuer l'effet de la température, on utilise souvent la densité relative.

En pratique, la masse volumique de l'eau est de 1,000 g/ml à 4°C et de 0,99823 g/ml à 20°C. La densité du lait à 15°C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032. Chacun des constituants agit sur la densité du lait. On sait que la crème à 35% possède une densité de 0,996 et le lait écrémé, une densité de 1,036. Étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1 donc, plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matières grasses, plus sa densité sera basse. De plus, les solides non gras (SNG) ont tous une densité supérieure à 1. Par conséquent, plus la teneur en solides non gras est élevée, plus la densité du produit laitier sera élevée. On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (Vignola, 2002).

1.2. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de 0,530°C à -0,575 °C avec une moyenne de -0,555°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'un cryoscope (**Vignola, 2002**).

1.3. Point d'ébullition

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 appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C. Cette propriété physique diminue avec la pression (**Vignola, 2002**).

1.4. Acidité du lait

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence de protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphates et le CO₂, et d'acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. On l'appelle acidité apparente ou acidité naturelle du lait. Elle varie entre 0,13 et 0,17% d'équivalent d'acide lactique.

Le lait peut avoir un comportement à la fois acide et basique, en raison des protéines dont les acides aminés possèdent des groupements acides COOH et des groupements basiques NH₂ sur leurs chaînes latérales. Les phosphates sous leurs différentes formes H₂PO₄⁻, HPO₄⁻², et PO₄⁻³, jouent également un rôle dans ce comportement. Ce mélange d'acides faibles, de bases faibles et de sels contribue à l'effet tampon.

À la sortie du pis de la vache, le lait frais ne contient qu'environ 0,002% d'acide lactique. En se développant, les bactéries lactiques vont former de l'acide lactique par fermentation du lactose. Cette nouvelle acidité se nomme acidité développée. C'est cette acidité qui conduit à la dénaturation des protéines (**Vignola, 2002**).

1.4.1. Acidité titrable

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. Ainsi, on déplace les équilibres chimiques pour neutraliser tous les ions H^+ des acides faibles. L'acidité titrable est une mesure des deux acidités définies précédemment:

Acidité titrable = acidité naturelle + acidité développée.

A la réception du lait, on mesure l'acidité titrable pour vérifier la qualité du lait. Il faut prendre cette mesure avec un certain recul, car une acidité titrable élevée n'est pas forcément une mesure de l'acidité développée. Pour s'assurer de la qualité du lait et pour valider le résultat du titrage, on recommande de mesurer le pH de l'échantillon (Vignola, 2002).

1.5. pH

Le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8. Contrairement à l'acidité titrable, le pH ne mesure pas la concentration des composés acides mais plutôt la concentration des ions H^+ en solution. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines, c'est-à-dire l'atteinte du point isoélectrique. Un lait ayant une acidité développée importante aura un pH plus bas que 6,6, car l'acide lactique est un acide suffisamment fort pour se dissocier et abaisser le pH d'une valeur mesurable. Deux laits peuvent donc avoir des pH identiques, c'est-à-dire être dans le même état de fraîcheur, mais avoir des acidités titrables différentes. Par contre, deux laits peuvent avoir des acidités titrables identiques, soit la même concentration de composés acides, mais avoir des pH différents (Vignola, 2002). Le pH du lait de chèvre, se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90.

2. Qualité microbiologique

2.1. La microflore bactériologique du lait

La microflore bactériologique du lait est extrêmement diverse. Elle est généralement divisée en trois groupes selon différents critères (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018) :

- une microflore utile, d'intérêt technologique (*lactocoques*, *lactobacilles*, *leuconostocs*, etc),
- une microflore d'altération, indésirable car susceptible de dégrader la qualité du produit.
- une microflore potentiellement pathogène.

Cette classification n'est toutefois pas absolue et ne doit être considérée qu'à titre indicatif. Pour un transformateur et selon le produit recherché, certains micro-organismes considérés comme indésirables dans une technologie donnée seront en effet perçus comme utiles dans une autre (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

2.2. La flore totale

C'est un critère réglementaire d'appréciation de la qualité microbiologique du lait. Le terme de flore totale encore appelée germes totaux désigne en réalité la microflore mésophile aérobie revivifiable (FMAR), c'est-à-dire l'ensemble des bactéries mésophiles aérobies qui se développent à 30°C pendant 72 heures, en laboratoire et sur un milieu nutritif gélosé standard. La flore totale est considérée comme un indicateur d'hygiène car elle reflète les effets des pratiques associées à la traite, au stockage et à la conservation du lait. Elle permet d'évaluer le degré de contamination microbiologique globale du lait (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

Tableau 5 : Critères microbiologiques applicables aux laits de chèvres destinés à être transformés (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

	Destination du lait	
	Traitement thermique	Fabrication de produits au lait cru
Germes à 30 °C (ml)	< 1 500 000	< 500 000

2.3. La microflore utile (la flore originelle)

Les micro-organismes occupent une place essentielle dans l'élaboration des produits laitiers destinés à la consommation, c'est notamment le cas des bactéries acidifiantes et des microflores d'affinage (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

2.4. La flore lactique

Les bactéries lactiques sont des bactéries relativement hétérogènes d'un point de vue morphologique et physiologique. Elles sont Gram+, immobiles, asporogènes, anaérobies, mais aérotoles, ne possèdent ni catalase (à l'exception de *Lactobacillus sakei* et *Lactobacillus plantarum*), ni de nitrate réductase, produisant des quantités importantes d'acide lactique par fermentation des glucides simples tels que le glucose et le galactose.

Elles sont très fréquentes dans la nature, elles se trouvent dans le lait, la viande et les végétaux. Leurs aptitudes protéolytiques et lipolytiques leur permettent d'être des agents de l'affinage du fromage par leur contribution au développement des arômes, du goût et de la texture des fromages. Les bactéries lactiques ont un rôle fondamental dans les équilibres microbiens du lait. Elles jouent un rôle important dans la préservation des qualités hygiéniques des aliments par leur capacité inhibitrice contre les microorganismes nuisibles. Leur développement excessif ou insuffisant peut contribuer à des défauts de goût et de texture. Les bactéries lactiques sont considérées comme des microorganismes non pathogènes et regroupent principalement les *leuconostokes*, *lactocoques*, *pédiocoques*, *streptocoques* thermophiles, *entérocoques*, et les *lactobacilles* mésophiles et thermophiles (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

2.4.1. Les différents genres

La classification actuelle des bactéries lactiques fait apparaître douze genres qui incluent *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Oenococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella* (Annou, 2018).

2.4.1.1. *Lactobacillus*

Le genre *Lactobacillus* est le genre principal de la famille des *Lactobacillaceae*. Les lactobacilles représentent un genre important des bactéries lactiques tant au niveau industriel qu'au niveau de la flore commensale infantile. L'hétérogénéité des espèces est illustrée par le contenu en **G+C** qui peut varier de 32 à 53%. La classification remaniée par **Kandler et Weiss (1986)** les subdivise en 3 groupes selon leur type fermentaire :

Groupe I : anciennement appelé *Thermobacterium*, il regroupe les lactobacilles homofermentaires stricts et thermophiles ; ils sont incapables de fermenter les pentoses et le gluconate. Ces bactéries fermentent les hexoses par la voie d'Embden-Meyerhof, en produisant exclusivement de l'acide lactique ; elles se développent à 45°C mais pas à 15°C. Leurs cellules sont longues, droites souvent en palissades (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

Groupe II : anciennement appelé *Streptobacterium*, il rassemble les lactobacilles hétérofermentaires facultatifs et mésophiles qui se développent à 15°C. Les hexoses sont fermentés par la voie d'Embden-Meyerhof, en produisant exclusivement de l'acide lactique (mais pour certaines souches : du lactate, de l'acétate, de l'éthanol et du formiate), celles des pentoses et du gluconate peuvent être dégradés par

la voie hétérofermentaire avec une production d'acide lactique et d'acide acétique par une phosphocétolase inductible. Leurs cellules sont courtes, souvent arrangées en filaments (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

Groupe III : anciennement appelé *Betabacterium* ; ces espèces ont un métabolisme strictement hétérofermentaire. La fermentation des hexoses produit de l'acide lactique, de l'acide acétique (ou de l'éthanol) et du CO₂ ; celles des pentoses, de l'acide lactique et de l'acide acétique. Ces bactéries possèdent une phosphocétolase. C'est un groupe qui rassemble des espèces relativement hétérogènes, surtout mésophiles. Les cellules sont courtes, droites et séparées (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

2.4.1.2. *Carnobacterium*

Ce genre a été créé par Collins et son groupe en 1987. Ils sont des bacilles hétérofermentaires souvent trouvés dans les viandes de bœuf, de poisson et de volaille emballées sous vide et stockées à basse température (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

Morphologiquement proches des *Lactobacillus* (petits bâtonnets isolés, par paires ou en courtes chaînes), ils s'en différencient par leur production de l'acide lactique L (+) et leur incapacité à se développer dans les substrats à base d'acétate. En général, les *Carnobacterium* peuvent croître à un pH relativement élevé (par exemple, pH = 9) tandis que les lactobacilles ne peuvent pas s'y développer. La croissance est possible à 0°C et 10°C mais pas à 45°C, ni en présence de NaCl (8%) (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

2.4.1.3. *Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus et Vagococcus*

Les genres *Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus et Vagococcus* étaient précédemment inclus dans un seul genre : *Streptococcus*. Ce sont des coques en paires ou en chaînes, leur fermentation est homolactique, produisant en majorité de l'acide L-lactique (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018). Ces espèces diffèrent principalement entre elles par la présence d'un antigène de groupe dit antigène de Lancefield.

2.4.1.4. *Leuconostoc, Oenococcus et Weissella*

Ils rassemblent les coques lenticulaires en paires ou en chaînes, mésophiles, qui possèdent un caractère hétérofermentaire marqué, avec production de l'acide D-lactique (Annou, 2018).

2.4.1.5. *Aerococcus*, *Pediococcus* et *Tetragenococcus*:

Ce sont des coques formés de cellules groupées en paires ou en tétrades. Ils sont mésophiles, homofermentaires, et le plus souvent incapables d'utiliser le lactose (Annou, 2018).

2.4.2. *Bifidobacterium*

Les *Bifidobacterium* sont anciennement appelés *Lactobacillus bifidus*. La forme des cellules de *Bifidobacterium* est très irrégulière, pouvant être : cellules courtes, conoïdales, cellules ramifiées, spatulées, isolées ou en chaînes, disposées en V ou en palissade.

Elles se différencient des autres bactéries lactiques par leur caractère anaérobie, leur contenu G+C (55-67%) et la présence d'une enzyme, la fructose-6-phosphocétolase. En fait *Bifidobacterium* permet de fermenter les hexoses en produisant plus d'acide acétique que d'acide lactique (rapport 3:2), de faibles quantités d'éthanol et d'autres acides organiques. Cette fermentation lactique a conduit à les rapprocher du groupe des bactéries lactiques. Leur température de croissance est comprise entre 37°C et 41°C.

Elles sont isolées à partir de la flore intestinale du nouveau-né, on les retrouve aussi dans l'intestin de l'homme et de nombreuses espèces animales. Elles sont utilisées dans la fabrication du yaourt et produits laitiers fermentés (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

2.5. Microflore d'affinage

2.5.1. Les bactéries propioniques

Elles se caractérisent par la production d'acide acétique et d'acides propionique à partir de molécules présentes dans le lait (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

2.5.2. Levures et moisissures

2.5.2.1. Les levures

En général, les levures sont plus grosses que la majorité des bactéries. Leurs dimensions très variables vont de 1 à 5 µm de diamètre jusqu'à 5 à 30 µm de longueur. Elles sont souvent ovales, allongées ou sphériques. Les dimensions et aspects varient selon l'âge, l'environnement et le milieu de culture (Ait Abdelouahab, 2008 ; Annou, 2018).

Les levures sont des saprophytes dotés d'un grand pouvoir de dégradation ; ce sont des contaminants fréquents des produits alimentaires. Certaines espèces sont toxigènes, d'autres sont très utilisées dans l'industrie, en particulier en fromagerie (Ait Abdelouahab, 2008 ; Annou, 2018). Certaines levures oxydatives sont capables d'oxyder les acides organiques et les alcools.

La température optimum de croissance est comprise entre 25 et 30°C, souvent 28°C. La température maximum de croissance se situe entre 35°C et 47°C. Certaines levures peuvent se développer à 0°C. Les levures se multiplient bien dans un milieu acide : pH = 4.0 à 4.5 et peuvent s'adapter à des pH plus extrêmes (Ait Abdelouahab, 2008 ; Annou, 2018).

Les levures ne sont pas pathogènes (à l'exception de *Candida albicans* et *Cryptococcus neoformans* ou *Saccharomyces neoformans*) mais peuvent produire par leur développement dans les produits alimentaires des altérations de qualité marchande (Ait Abdelouahab, 2008 ; Annou, 2018).

2.5.2.2. Les moisissures

Elles sont multicellulaires mais la notion de cellules est assez floue car leur structure est mycélienne et coenocytique. Ce sont des eucaryotes, non photosynthétiques, hétérotrophes et immobiles. Elles sont acidophiles (pH compris entre 3 et 7). Elles sont mésophiles (températures optimum comprise entre 20 et 30°C), d'autres sont psychrotrophes (températures < 15°C). Elles sont à l'origine d'altération superficielle. Certaines souches produisent des toxines. Beaucoup sont utilisées dans la fabrication des fromages, saucissons secs, enzymes, antibiotiques (Ait Abdelouahab, 2018 ; Annou, 2018).

2.5.3. Corynébactérie

Le groupe des bactéries corynéformes contient des genres bactériens hétérogènes. Les bactéries considérées ici (hors propionibactéries) sont des bacilles, majoritairement aérobies, Gram positifs, pléomorphes, non sporulés. Pour les microbiologistes alimentaires, ces bactéries sont de formes irrégulières (bacilles ou coccobacilles) sont isolées à la surface des fromages à croûte lavée. Elles sont souvent psychrotrophes et ne peuvent pas croître à 37°C.

Aucune espèce de bactéries corynéformes isolées du lait et des produits laitiers n'est à l'origine de problèmes sanitaires dans les pays industrialisés. D'autre part, la plupart des espèces isolées dans ces mêmes milieux ne présentent pas de mécanismes particuliers de résistance acquise aux antibiotiques (El hachemi, 2019 ; Annou, 2018).

2.6. Flore de contamination

2.6.1. La microflore d'altération

Parmi les microflores d'altération : microflore psychrotrophe, microflore thermorésistante et microflore coliforme (Annou, 2018).

2.6.1.1. La microflore psychrotrophe

Les bactéries psychrotrophes sont présentes dans l'environnement, le sol, les poussières, l'eau (source et vecteur fréquent de la contamination) et les plantes. Elles sont donc susceptibles de se trouver tout au long de la chaîne de production. Elles s'organisent aisément en biofilms, ce qui les rend difficiles à éliminer. Elles produisent des enzymes qui dégradent certains des constituants du lait (lipides et /ou protéines) (Annou, 2018).

2.6.1.2. La microflore thermorésistante

Les bactéries se caractérisent, comme leur nom l'indique, par leur aptitude à résister à des températures élevées. Parmi les plus thermorésistantes les bactéries du genre *Clostridium*. Ces dernières sont capables de produire des formes de survie appelées spores (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).

2.6.1.3. La microflore coliforme

Les coliformes sont utilisés comme germes indicateurs de contamination fécale, or s'il s'avère que leur présence dans l'eau constitue un bon indice de contamination fécale récente, leur survie étant de courte durée dans ce milieu, il n'en est pas dans de nombreux aliments. Ainsi des coliformes ont été retrouvés dans d'autres sources que les matières fécales (Norme ISO 4832). Deux groupes bactériens représentatifs de cette famille : les coliformes totaux et les coliformes fécaux assimilés souvent aux coliformes thermotolérants (Annou, 2018).

Les coliformes sont des entérobactéries définies comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, Gram négatives, aérobies ou anaérobies facultatives, qui fermentent le lactose avec production de gaz à 30°C, glucose (+), oxydase (-), nitrate réductase (+), possédant l'enzyme bêta-galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un

milieu gélosé approprié. Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* et *Escherichia* (Norme ISO 4832) (Annou, 2018).

La presque totalité des espèces de coliformes sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E.coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

La recherche des coliformes actuellement effectuée permet de mettre en évidence l'insuffisance du processus ou de mauvaises conditions de fabrication (Norme ISO 4832) (Annou, 2018).



Figure 5 : Vue des coliformes au microscope électronique.

2.6.2 .La microflore pathogène

Certaines bactéries susceptibles d'être dangereuses pour la santé humaine ou animale (bactéries dites pathogènes) peuvent être retrouvées dans le lait, à la suite soit d'une excrétion directe par voie mammaire, soit d'une contamination externe par voie fécale (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018). Les agents pathogènes les plus fréquemment incriminés ou suspectés étaient les :

2.6.2.1. *Staphylococcus aureus*

Le staphylocoque se présente comme un coque en amas (grappes de raisin), immobile, Gram positif (+), asporogène, et n'est jamais capsulé, sa taille est de 0.5 µm de diamètre. Il s'agit de germe aéro-anaérobie facultatif, se multipliant entre 12 et 45°C avec une température optimale de 30-37°C, il tolère un large éventail de pH allant de 6 à 9 avec un optimum de 7.2 à 7.6.

Tous les staphylocoques présents dans les aliments ne sont pas entérotoxigènes. Ce n'est que depuis peu que l'on admet le rôle de *Staphylococcus aureus* (le staphylocoque doré) comme germe indicateur de contamination humaine ou animale dans les aliments (aliments crus en particulier), donc il est l'espèce

la plus pathogène du genre staphylococcus ; il est mannitol (+), catalase (+) et coagulase (+). Ce germe halophile est souvent isolé ou dénombré dans des milieux fortement salés, tel que le milieu Chapman. Cependant, on sait depuis peu que les cellules stressées au cours des traitements technologiques ne sont pas récupérées quantitativement sur les milieux salés (liquides ou solides), ce qui a conduit à l'adoption d'autres milieux comme le milieu de Braid Parker (**Norme NF V08-057- 1**). *Staphylococcus aureus* est responsable d'intoxication alimentaire, d'infections localisées suppurées et dans certains cas extrêmes, de septicémies physiques (greffe, prothèses cardiaques) (**Annou, 2018**).

Chez la chèvre, les staphylocoques (à coagulas positive ou négative) sont les principaux agents responsables des infections de la mamelle, les mammites. Les staphylocoques sont alors excrétés dans le lait par la mamelle (**Lucbert, 2012 ; Annou, 2018**).



Figure 6 : Vue des *Staphylococcus aureus* au microscope électronique.

2.6.2.2. *Salmonella*

Les *Salmonella sp.* sont des bacilles à Gram (-), aéro-anaérobies facultatifs, oxydase (-), nitrate réductase (+), fermentatifs du glucose, lactose (-), H₂S (+ ou -), uréase (-), lysine décarboxylase (+), utilisant la voie des acides mixtes, indole (-), Citrate (+), TDA (-), ne possédant pas de bêta-galactosidase, à forte contagiosité (**Norme ISO 6579-2002**) (**Annou, 2018**).

Salmonella sp. est essentiellement localisée dans l'intestin des animaux malades ou porteurs sains puis est diffusée dans l'environnement notamment l'eau par leur excréta mais aussi par les écoulements utérins, le placenta et les avortons et peut donc se retrouver dans le lait. La multiplication est surtout importante à des températures > 8 °C et à des pH élevés > 5.5 (**Pradal, 2002 ; Annou, 2018**).

Les risques de contamination sont encore plus importants lorsqu'il existe un autre élevage intensif sur l'exploitation notamment en monogastriques (porcs et volailles) et que l'éleveur s'occupe de 2 élevages en même temps sans prendre soin de changer de tenue en passant d'un élevage à un autre. La

salmonelle est responsable de nombreuses toxi-infections alimentaires collectives (TIAC). Les symptômes les plus courants sont : coliques, diarrhées, vomissements, nausées, fièvre, mal de tête, déshydratation, et apparaissent dans les 8 à 48 heures après l'ingestion du produit contaminé (Pradal, 2002 ; Annou, 2018).

Chez la chèvre, il existe un portage latent de salmonella pouvant, à la suite de stress, évoluer vers une excrétion, voire des signes cliniques. La salmonelle peut ainsi être impliquée dans des infections de la mamelle (peu fréquentes), dans des avortements (rares) et dans des infections digestives avec des formes diarrhéiques et/ou septicémiques chez les jeunes ou les adultes (Lucbert, 2012 ; Annou, 2018).



Figure 7 : Vue des Salmonelles au microscope électronique.

2.6.2.3. *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes est une bactérie du genre *Listeria* qui fait partie des *lactobacillaceae*. C'est la seule espèce pathogène pour l'homme. Elle est un petit bacille, Gram + , à bouts arrondis, de 0.5 à 2 μm de longueur sur 0.4 à 0.5 μm de diamètre pouvant s'associer en palissade, non sporulé, ubiquitaire (sol, végétaux, eau), mobile à 20°C, oxydase (-), catalase (+). Cette bactérie est aéro-anaérobie facultative, mésophile (cultivée entre 3 et 45 °C avec un optimum de 37 °C ; la bactérie reste viable après plusieurs années d'entreposage à 4°C. Selon certaines études, 1 à 10% des humains seraient porteurs sains de *Listeria monocytogenes* dans leur intestin (Norme ISO 11290-1 et Norme NF v 08-055) (Annou, 2018).

La *Listeria monocytogenes* provient de l'animal (mamelles) mais surtout de l'environnement (litière et fèces, poussière de la traite et de la fromagerie, eau, trayeur, matériel de traite, lactosérum, saumure, frottage des fromages ...) et de tout ce qui a lien avec la terre (sol, eau, fourrage..).

Elle provoque la listériose qui est une maladie pouvant être mortelle ; elle atteint d'abord l'intestin du malade puis son système nerveux et provoque encéphalite, méningite et septicémie. La multiplication de la *Listeria* a surtout lieu lorsque les conditions d'hygiène sont défectueuses au niveau de la conservation des aliments (ensilage), de la traite (mammites subcliniques) et de la fabrication au niveau nettoyage et désinfection du matériel. Cette multiplication est surtout importante à basses températures et à des pH > 5.5 (Pradal, 2002 ; Annou, 2018).



Figure 8 : *Listeria monocytogenes* au microscope électronique.

2.6.2.4 .Clostridies

Le *Clostridium* sulfite-réducteur est une bactérie Gram positive, bacille, mobile en général par l'intermédiaire des flagelles, anaérobie stricte ; c'est une bactérie productrice des spores qui peuvent résister à des traitements thermiques faibles (pasteurisation) et germer, ce qui peut poser des problèmes en sécurité alimentaire (Norme ISO 7937) (Annou, 2018).

Ces bactéries anaérobies sulfite-réductrices sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, mais on les rencontre fréquemment dans la nature et en particulier dans le sol (bactéries telluriques) et dans les matières organiques (Norme ISO 7937). Parmi les espèces toxiques on trouve *Clostridium perfringens* et *Clostridium botulinum* (Norme ISO 7937) (Annou, 2018).

Le pouvoir pathogène de *Clostridium botulinum* est dû à la sécrétion des toxines les plus puissantes du monde vivant. Après ingestion, cette toxine diffuse ensuite dans l'organisme et agit en bloquant la transmission neuromusculaire et ainsi elle inhibe les neurones moteurs de la contraction musculaire ;

on dit alors que la toxine provoque une paralysie généralisée flasque. Pour *Clostridium perfringens*, responsable du botulisme, elle produit au cours de sa sporulation une entérotoxine qui est libérée au moment de sa germination ; cette toxine est impliquée dans de très nombreux cas de gangrène chez l'homme et les animaux. Ces germes sont bien connus comme agents de maladies transmissibles par les aliments (Norme ISO 7937) (Annou, 2018).



Figure 9 : *Clostridium perfringens* et *Clostridium botulinum*

2.6.2.5. Streptocoques fécaux

Les *Streptocoques fécaux* sont des coques, Gram positifs, de 0.5 à 1 μm de diamètre, présentant un regroupement typique en diplocoques ou en chainettes de longueur variable, immobiles, asporogènes et rarement capsulés, aéro-anaérobies, mésophiles et neutrophiles (Norme ISO 7402) (Annou, 2018). Ils sont catalase négatifs et possédant l'antigène de groupe D (Bonney et al., 2002 ; Annou, 2018).

On trouve les Streptocoques fécaux dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux. Ils sont impliqués dans les maladies d'origines alimentaire, et peuvent provoquer des infections primaires (des angines, des infections cutanées,...) et même des complications infectieuses, toxiques ou allergiques (Norme ISO 7402) (Annou, 2018).

3. Activité microbienne

Les activités métaboliques des micro-organismes présents dans le lait peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur l'apparence, l'odeur, la consistance ou la texture et le goût des produits laitiers. Il y a cinq principales catégories d'activités métaboliques pouvant survenir dans le lait à savoir l'activité

protéolytique, l'activité acidifiante, l'activité lipolytique, la production de gaz et enfin la production de l'alcool (**Lamontage *et al.*, 2002**).

Chapitre III :

Artemisia herba-alba

1. Généralités sur les plantes médicinales

1.1. Histoire des plantes médicinales en Algérie

Chaque culture a une histoire d'utilisation des plantes médicinales pour guérir les maladies. En Algérie, l'usage de plantes médicinales est une tradition de mille ans (**Laghouiter, 2011**).

Les plantes médicinales ont eu une grande influence et occupent une place importante dans la vie quotidienne en Algérie, on peut observer cette influence même sur les timbres postaux (**Laghouiter, 2011**).

1.2. Définition des plantes médicinales

La définition d'une plantes médicinale est très simple. En fait, il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux (**Khireddine, 2012**). Elle possède des activités pharmacologiques, pouvant conduire à des emplois thérapeutiques (**Aribi, 2012**). Elle est utilisée de différentes manières (décoction, macération, infusion...) et une ou plusieurs de ses parties peuvent être utilisées (racine, rhizome, feuilles, fleurs...).

Les plantes médicinales sont des drogues végétales. Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains (**Khireddine, 2012**). Il y a deux origines des plantes médicinales qui sont les plantes spontanées et les plantes cultivées.

1.3. Conservation des plantes médicinales

Il existe diverses méthodes de conservation, les plus courantes et les plus simples étant le séchage à l'air ou au four. Un endroit chaud et sec est l'idéal. Poser toujours les plantes sur du papier journal. Une fois séchées, les plantes se conservent plusieurs mois dans un sac ou un pot en verre ou dans un sac en papier kraft (**Iserin, 2001**).

1.4. Domaines d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues de plantes ont des intérêts multiples en industries : alimentation, cosmétologie et en pharmacie (**Aribi, 2012**).

1.4.1. En médecine

Les plantes médicinales sont utilisées en urologie, dermatologie, gastrites aiguës, toux, ulcères d'estomac, laxatifs, sommeil et désordres nerveux de l'homme et maladies du système cardiovasculaire (**Aribi, 2012**). Elles sont utilisées aussi contre le diabète comme le romarin, sauge, thym, origan, sarriette, clou de girofle, gingembre et curcuma (**Bezzaz, 2014**). Elles ont révélé une grande capacité d'inhibition des réactions oxydatives (**Aribi, 2012**). D'autres plantes sont réputées comme des agents antiseptiques, anti-inflammatoires et antioxydants, contre la maladie de stress (**Bezzaz, 2014**).

Actuellement, il existe des laboratoires de médicaments vétérinaires à base de plantes. L'aromathérapie est appliquée en médecine vétérinaire pour ses bienfaits thérapeutiques à base d'huiles essentielles dans le traitement des affections pulmonaires (**Aribi, 2012**).

1.4.2. En cosmétique

Les plantes médicinales interviennent dans la préparation des produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène, crèmes pour la peau et corps, le gommage de visage, etc. (**Bezzaz, 2014**).

1.4.3. En alimentation

Les plantes médicinales sont utilisées dans l'assaisonnement. Les herbes aromatiques utilisées dans l'alimentation sont considérées comme condiments et aromates (**Bezzaz, 2014**).

1.5. Intérêt de l'étude des plantes médicinales

La plupart des espèces végétales contiennent des substances qui peuvent agir, à un niveau ou un autre, sur l'organisme humain et animal. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie. Elles présentent en effet des avantages dont les médicaments en sont souvent dépourvus (**Iserin, 2001**).

La raison fondamentale de l'étude et de l'utilisation des plantes médicinales est que les principes actifs végétaux proviennent de processus biotiques répandus dans tout le monde vivant, alors que l'essentiel des médicaments de synthèse sont des xénobiotiques aux effets secondaires très mal maîtrisés (**Bruneton, 2009**). Les plantes médicinales sont donc importantes pour la recherche pharmaceutique et l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais

aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments ou comme modèle pour les composés pharmaceutiquement actifs (Decaux, 2002).

2. Présentation de la plante *Artemisia herba alba*

2.1. Historique et terminologie

Connue depuis des millénaires, l'*Artemisia herba-alba* (armoïse herbe blanche) a été décrite par l'historien grec Xénophon dès le début du IV^e siècle avant Jésus-Christ dans les steppes de la Mésopotamie (Francis, 2001). Elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordán Claudio de Assoy del Rio (IPNI, 1979).

L'*Artemisia herba-alba* est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver. Elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent (Nabli, 1989).

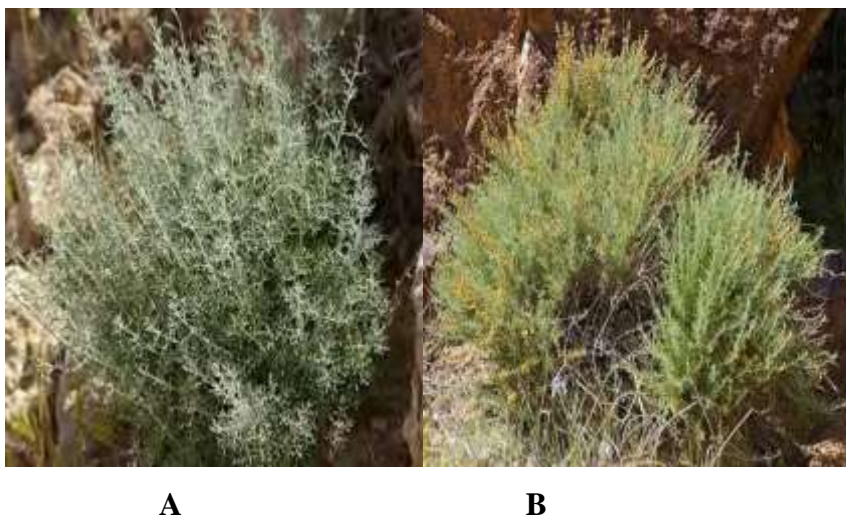


Figure 10 : *Artemisia herba alba*: (A) la plante au début de la saison de floraison, (B) la plante à la fin de la saison de floraison

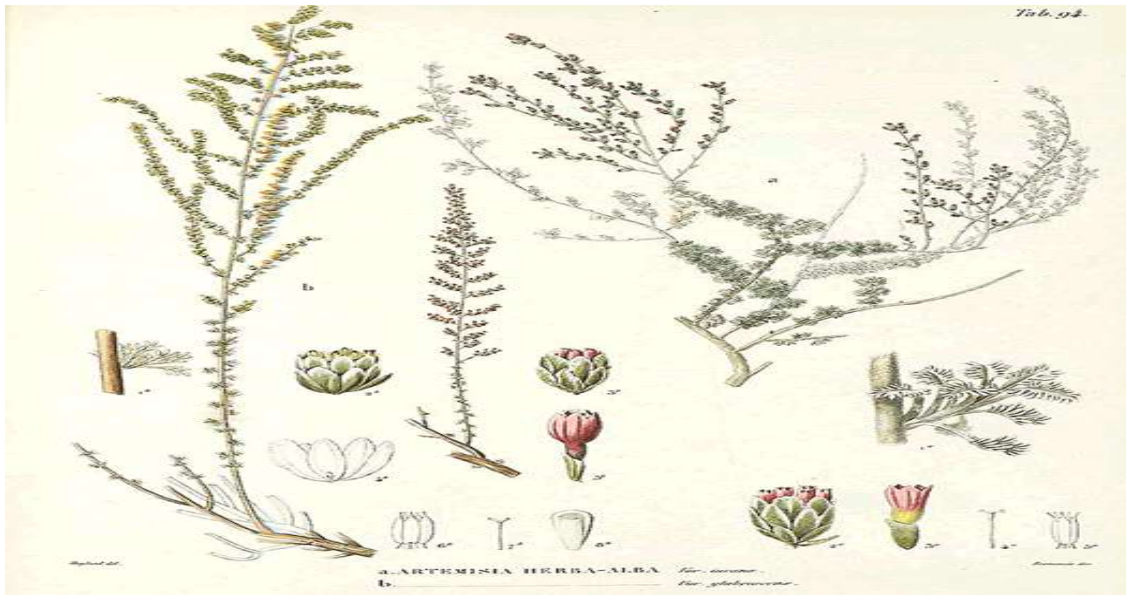


Figure 11 : Morphologie de la fleur d'*Artemisia herba-alba*

2.2. Classification de la plante

D'après Quezel et Santa (1963), la systématique d'*Artemisia herba-alba* est la suivante :

- **Embranchement** : Phanérogames ou Spermaphytes
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Eudicots
- **Sous-classe** : Astéridées
- **Ordre** : Asterales
- **Famille** : Asteracées
- **Sous famille** : Tubilifoidées
- **Tribu** : Antimidées
- **Genre** : *Artemisia*
- **Espèce** : *Artemisia herba-alba*

2.3. Appellation

Il existe différentes nominations de l'armoise blanche selon les pays et les régions :

- **Nom vernaculaire** : Chih
- **Nom français** : Armoise herbe blanche
- **Nom anglais** : Wormwood

- **Nom latin** : *Artemisia herba alba*
- **Nom amazigh**: Izerg
- **Au Maroc** : Kaisoum

2.4. Ecologie de la plante

L'*Artemisia herba alba* existe dans des bioclimats allant du semi-arides jusqu'au sahariens (entre les isohyètes de 150 à 500 mm). Elle semble indifférente aux altitudes. Par ailleurs, cette espèce est abondante dans le centre sur des sols à texture fine, assez bien drainées (marnes, marno-calcaires en pente). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur des sols sableux. L'armoise résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés (Nabli, 1989).

2.5. Répartition géographique

Le genre *Artemisia* est un membre d'une grande variété de plantes appartenant à la famille des *Asteraceae* (Compositae). Plus de 300 différentes espèces de ce genre se trouvent principalement dans les zones arides et semi arides d'Europe, d'Amérique, l'Afrique du Nord ainsi qu'en Asie. Certaines espèces, telles que l'*Artemisia absinthium*, l'*Artemisia annua* ou l'*Artemisia vulgaris* sont incorporées dans les pharmacopées de plusieurs pays européens et asiatiques (Proksch *et al.*, 1992).

En Algérie, l'*Artemisia herba alba*, couvre près de six millions d'hectares dans les steppes ; elle se présente sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (Eloukili, 2013).

2.6. Composition chimique de la plante

Au Maghreb, l'*Artemisia herba alba* constitue un fourrage particulièrement intéressant. En effet, la plante présente un taux de cellulose beaucoup moins élevé malgré que son aspect extérieur indique l'inverse (17 à 33%). La matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11% de matière protéique brute dont 72% est constituée d'acides aminés. Le taux de β -carotène varie entre 1,3 et 7 mg/kg selon les saisons (Fenardji *et al.*, 1974).

La valeur énergétique de l'armoise herbe blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS) pour diminuer de nouveau en été (0,6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/kg MS) (Aidoud, 1989).

2.6.1. Terpènes de l'*Artemisia herba alba*

Les terpènes sont des polymères constitués d'unités en C5. Les monoterpènes (en C10) sont des substances légèrement volatiles qui forment les huiles essentielles. Ils protègent les végétaux contre les parasites, inhibent la croissance bactérienne et attirent les animaux pollinisateurs.

Les principaux monoterpènes identifiés dans l'*Artemisia herba alba* sont le thujone (monoterpène lactone), le 1,8- cinéol et le thymol. Le thujone est probablement l'un des constituants terpéniques les plus bioactifs de l'Armoise. Son nom provient de Thuya (*Thuja occidentalis*) plante de laquelle il a été extrait pour la première fois.

On a aussi identifié des sesquiterpènes (3 unités en C5) et des sesquiterpènes lactones dans plusieurs chémotypes du Moyen-Orient (Duke, 1992).

2.6.2. Flavonoïdes de l'*Artemisia herba-alba*

Ce sont des composés phénoliques qui contribuent à la pigmentation de la plante. Très ubiquitaires, certains d'entre eux jouent le rôle de phytoalexines, métabolites synthétisés par la plante pour lutter contre diverses parasitoses. Les flavonoïdes sont rencontrés à l'état libre (soluble) ou liés à un sucre (glycosides) dans le liquide vacuolaire.

Les principaux flavonoïdes isolés à partir de l'*Artemisia herba alba* sont l'hispiduline et la cirsimaritrine. Des flavones glycosides comme la 3-rutinoside-quercétine et l'isovitexine ont été mises en évidence chez des chémotypes du Sinaï (Duke, 1992).

2.7. Utilisation de la plante

2.7.1. Usage alimentaire

En alimentation, l'armoise blanche est considérée comme l'arôme de certaines boissons comme le thé ou le café. Néanmoins, son usage dans l'industrie alimentaire reste très limité à cause de la toxicité de la bêta thujone dont le taux ne doit pas dépasser 5 mg/kg (Bendjilali *et al.*, 1984).

2.7.2. Activité antimicrobienne

Il a été prouvé en 1979 que l'huile essentielle de l'*Artemisia herba alba* est active contre quatre souches bactériennes : deux Gram (+) (*staphylocoques* et *streptocoques*) et deux Gram (-) (*Escherichia coli* et *Salmonella typhosa*) et ceci en inhibant leur croissance (activité bactériostatique) (Eloukili, 2013). En

outre, l'extrait aqueux et l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* ont une activité anti-leishmanienne contre *Leishmania major* (Hatimi et al., 2000).

2.7.3. Usages traditionnels et médicaux

L'armoise blanche possède une grande renommée dans la médecine traditionnelle, elle est largement utilisée dans la médecine populaire (Benjlali et Richard, 1980). La plante pourrait constituer un bon adjuvant pour combattre l'obésité, le stress oxydatif (Abass, 2012). Plusieurs chercheurs ont indiqué que *Artemisia herba alba* possède des activités anti-helminthiques (Mighri et al., 2010 ; El Rhaffari, 2008 ; Al-Khazraji et al., 1993). Des effets antiviral, anti-malarien, anti-pyrétique, anti-spasmodique et anti-hémorragique ont été aussi rapportés (Boudjelal, 2013).

En tant que remède, *Artemisia herba alba* est utilisée dans les désordres gastriques tels que la diarrhée et les douleurs abdominales, dans l'inflammation du tractus gastro-intestinal (Gharabi, 2008) et dans le traitement de la bronchite (El Rhaffari, 2008 ; Mighri et al., 2010 ; Seddiek et al., 2011). En outre, ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (Baba Aissa, 2000).

De loin, le remède le plus fréquemment cité dans la bibliographie pour le traitement du diabète sucré est l'utilisation de *l'Artemisia herba alba*. Les recherches ont révélé que l'administration orale de 0,39 g/kg de poids corporel de l'extrait aqueux des parties aériennes produit une réduction significative du taux de glucose dans le sang (Al-Khazraji et al., 1993 ; Iriadam et al., 2006 ; Ribnicky et al., 2004). Plusieurs études scientifiques ont également prouvé l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent anti-diabétique (Boudjelal, 2013). Hamza et ses collaborateurs (2011) ont trouvé que l'extrait hydro-alcoolique d'*Artemisia herba alba* a aussi des effets anti-hypercholestérolémie et anti-hypertriglycéridémie.

2.7.4. Usage fourragère

L'*Artemisia herba alba* est une plante ayant une valeur nutritive (Tableau 6). Elle est une plante pastorale bénéfique pour le maintien d'un équilibre favorable de la microflore. Elle augmente l'absorption de l'azote et réduit la production de méthane (Gholamrezaie et al., 2013). Cette plante pourrait constituer un substitut de choix dans la ration alimentaire ovine, ce qui permet de réduire les coûts de l'alimentation surtout en années sèches; et donner éventuellement une meilleure qualité organoleptique de la viande au consommateur. On l'utilise notamment comme vermifuge chez les ovins (Nabli, 1989).

Tableau 6: Valeur nutritive de l'*Artemisia herba alba* Asso (Boussaid *et al.*, 2004).

MS%				Ext n.az.	p	Ca	K	Na	MAD (g/kg MS)
M.m	MC	MA	MG						
11.7	26.3	14.1	4.1	43.2	0.22	1.33	2.68	0.79	118

(MS) Matière sèche ; (M.m) matière minéral; (MC) matière cellulosique; (MA) matière azotée ; (MG) matière grasse ; (MAD) matière azotée digestible ; (Ext n. az.) extrait non azoté ; (P) phosphore ; (Ca) calcium ; (K) potassium ; (Na) sodium.

2.8. Toxicité de la plante

A forte dose, l'armoise blanche est abortive, neurotoxique et hémorragique. La thuyone constitue la substance toxique et bioactive dans cette plante, et la forme la plus toxique est l'alpha-thuyone. Elle a des effets convulsivantes (Aouadhi, 2010). La grande consommation de l'armoise blanche a un effet purgatif, en particulier sur les moutons, et peut causer la mort des jeunes agneaux (Ghrabi et Al-Rowaily, 2005).

Deuxième partie

Etude expérimentale

Chapitre IV

Matériels et Méthodes

1-Objectif

L'objectif principal de cette étude est d'investiguer l'effet d'un régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* sur les caractéristiques physico-chimiques et la qualité microbiologique du lait de chèvre. Notre étude a été réalisée au niveau de l'unité laitière située dans la commune d'Arib dans la wilaya d'Ain Defla. Le stage a duré 2 mois du 27 février au 27 Avril 2022.

2. Présentation de la wilaya de l'étude

2.1. Situation géographique

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et L'Ouest, le Nord et le Sud, occupant de ce fait, une position géographique centrale. Elle est située à 145 km au sud-ouest de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 4260 km².



Figure 12 : Carte géographique de la wilaya d'Ain Defla (DSA, 2014).

2.2. Présentation de la laiterie de l'étude

Le Groupe GIPLAIT (Groupe Industriel de la Production Laitière) situé à ARIB est un directoire du ministère de l'agriculture algérienne, orienté dans l'agroalimentaire (l'industrie laitière) et ayant pour mission la collecte, le traitement, la transformation et la distribution du lait et ses dérivés. Il est fortement implanté dans presque toutes les régions d'Algérie (Centre, Ouest, Est, Sud).



Figure 13 : Présentation de la laiterie GIPLAIT située à Arib (Ain Defla)

3. Conditions expérimentales

3.1. Matériel animal

Une chèvre laitière de race Saanen a été choisie 02 semaines après sa mise bas. Elle a reçu deux rations d'alimentation durant toute la période expérimentale.

3.2. Mode d'alimentation

- Régime I : la chèvre a reçu une ration standard c'est-à-dire aliment concentré, maïs, pâturage et céréales (distribution matin et après-midi).
- Régime II : la chèvre a reçu en plus de son régime I de *l'Artemisia herba alba* (distribution matin et après-midi).



Figure 14 : La chèvre (race Saanen)
(photo personnelle).



Figure 15 : Alimentation de la chèvre
(photo personnelle).

4. Echantillonnage et prélèvement

4.1. Prélèvement du lait

Les échantillons ont été prélevés aseptiquement. La traite était manuelle; elle s'est effectuée simultanément sur deux quartiers diagonalement opposés. Les échantillons étaient recueillis dans des flacons stériles de 250 ml et acheminés dans une glacière isothermique (4°C) au laboratoire dans le plus bref délai afin d'éviter toute contamination et déstabilisation de la microflore naturelle de ces derniers.

4.2. Techniques de prélèvement

Le prélèvement a été effectué dans des conditions d'hygiène stricte selon le protocole suivant:

- 1) Lavage des mains et de la mamelle de l'animal avant la traite,
- 2) Le port d'une tenue propre pour la traite,
- 3) Elimination du premier jet,
- 4) Utilisation de flacons stériles.



Figure 16 : Prélèvement de l'échantillon
(photo personnelle).



Figure 17 : Les mamelles de la chèvre
(photo personnelle).



Figure 18 : Les échantillons de lait de la chèvre (photo personnelle).

5. Analyses physicochimiques

Pour évaluer la qualité physicochimique du lait de la chèvre, nous avons procédé aux analyses suivantes :

1. Dosage de pH (par pH mètre),
2. Détermination de l'acidité (par titration),
3. Mesure de la teneur en matière sèche totale (par dessiccation),
4. Détermination de la densité (par lactodensimètre),
5. Dosage de la matière grasse (méthode acide-butyrométrique).

5.1. Détermination du pH

5.1.1. Matériel

Les mesures du pH ont été effectuées selon les méthodes standards avec un pH-mètre de paillasse étalonné avec des solutions tampons pH 4 et pH 7. Le matériel utilisé dans la détermination du pH est le suivant:

- pH metre électrique
- Fiole erlenmeyer 250 ml
- 100 ml de lait de chèvre

5.1.2. Mode opératoire

1. On verse le lait cru dans une fiole erlenmeyer,
2. On allume le pH mètre,
3. On introduit l'électrode dans la fiole contenant l'échantillon,
4. On fait la lecture après quelques secondes (**Boumendjel et al., 2017**).



Figure 19 : Détermination du pH du lait (photo personnelle).

5.2. Détermination de l'acidité titrable

5.2.1. Principe

L'acidité titrable du lait sec est le nombre de millilitres d'une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mol/l nécessaires pour neutraliser, en présence de phénolphtaléine, une quantité de lait reconstitué correspondant à 10 g de solide non gras jusqu'à apparition d'une coloration rose (JORA, 2013).

5.2.2. Matériel

- 10 ml de lait de chèvre
- Pipette jaugée à 10 ml
- Bécher de 100 ml
- Une burette remplie de solution de soude

5.2.3. Réactifs utilisés

- 2 à 3 gouttes de la solution de phénolphtaléine à 1%
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1 N, cette solution est dite soude Dornic.

5.2.4. Mode opératoire

1. Dans un bécher de 100 ml, introduire 10 ml de l'échantillon pour essai,
2. Ajouter dans le bécher 4 gouttes de solution de phénolphtaléine,
3. Titrer par la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début du virage à la couleur rose. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes.

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

Acidité (en gramme par litre) = $V \times 0.9$

V : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N versée.

Acidité en degré Dornic = $V \times 10$ (Boumendjel *et al.*, 2017).

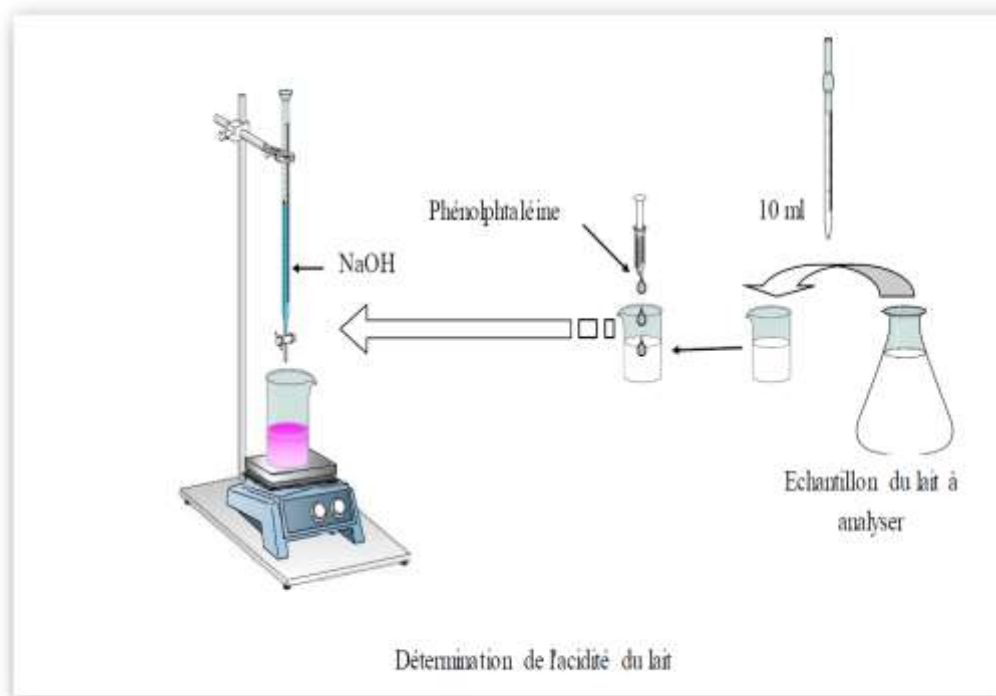


Figure 20 : Détermination de l'acidité du lait.

5.3. Détermination de l'extrait sec total (EST)

5.3.1. Principe

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après la dessiccation complète (JORA, 2013).

5.3.2. Matériel

- Pipette de 10 ml
- Capsule cylindrique en inox à fond plat de dimensions permettant d'éviter des pertes de liquide lors de l'évaporation
- 10 ml de lait
- Dessiccateur infra rouge
- Étuve à dessiccation

5.3.3. Mode opératoire

- **Première méthode :**

La teneur en extrait sec total est déterminée par une méthode simple, rapide donnant des valeurs approximatives avec remise des résultats en espace de quelques minutes, elle répond au mode opératoire suivant :

1. On place une coupelle en aluminium sur la balance qui se trouve à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur électronique,
2. on tare,
3. on dépose 2 g d'échantillon à analyser à la surface de la coupelle puis on démarre l'analyse en appuyant sur la touche START de l'appareil qui s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse,
4. Lecture directe du résultat sur l'écran de l'appareil en pourcentage massique de la matière sèche par rapport à la masse totale (Norme ISO13580, 2005).



Figure 21 : Détermination de l'extrait sec total (photo personnelle).

- **Deuxième méthode**

L'EST est exprimé en grammes par litre (g/l). On peut le déterminer en appliquant la formule de **Fleishman** :

$$\text{EST (g/l)} = 1,2 \times \text{MG} + 2,665 \times (\text{D}-1000)$$

Où **D** : Densité

MG : Matière grasse

5.4. Détermination de la densité

5.4.1. Matériel

- Eprouvette 250 ml
- Densimètre
- Thermomètre
- Thermolactodensimètre

5.4.2. Mode opératoire

1. Homogénéiser l'échantillon à la température de 37-40°C puis le refroidir,
2. Laisser l'échantillon pendant 30 min environ dans une enceinte à 20°C afin de permettre à la température de se stabiliser,
3. Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée pour éviter la formation de mousse et la remplir complètement,
4. Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait en maintenant l'appareil dans l'axe de l'éprouvette et en la retenant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre,
5. Imprimer un léger mouvement de rotation,
6. Après une minute, noter la température et lire la densité au sommet du ménisque, l'œil étant placé perpendiculairement à l'axe du densimètre et au niveau du sommet du ménisque pour éviter toute erreur,
7. Calculer la densité corrigée par la formule: $d = \text{Densité brute à } T^{\circ}\text{C} + 0.0002$ (**Boumendjel et al., 2017**).

Remarque:

En cas de formation de mousse qui gêne la lecture, on verse quelques gouttes de phénophtaléine afin que la tige graduée du lactodensimètre soit dégagée.

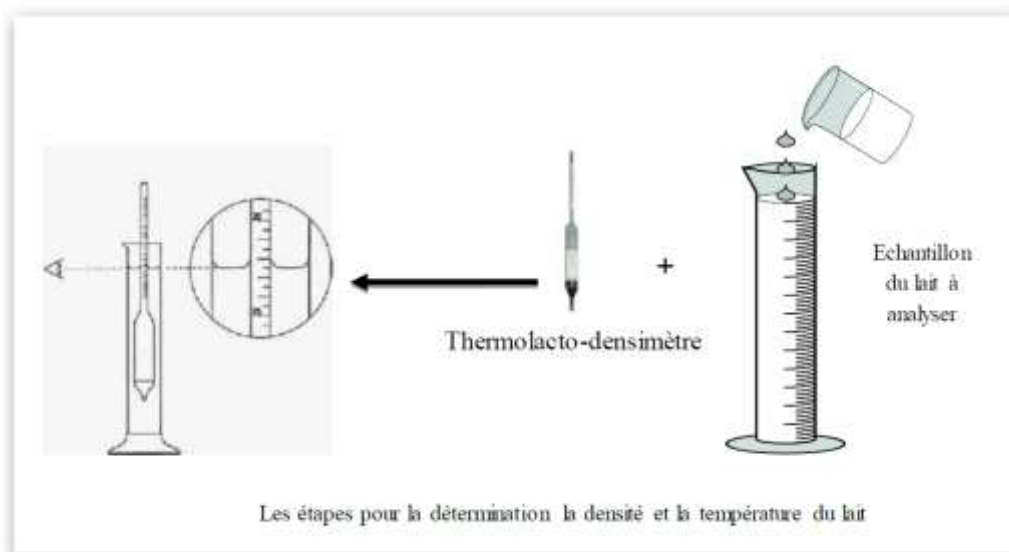


Figure 22 : Détermination de la densité du lait.

5.5. Détermination de la matière grasse

5.5.1. Matériel

- Butyromètre à lait gradué en gramme par litre (g/l) (5% et 12%)
- Bouchon à butyromètre en caoutchouc
- Pipette à lait de 11 ml
- Pipettes de 10 ml pour d'acide sulfurique
- Pipettes de 1 ml pour l'alcool iso-amylque
- Centrifugeuse de Gerber réglée à 1100 tours par minute

5.5.2. Réactifs utilisés

- Acide sulfurique (H_2SO_4) : dilué à 95-97%, $d = 0,81$, $M = 88,15$ g/mol
- Alcooliso-amylque (3-Methybutan-2-ol)

5.5.3. Mode opératoire selon la méthode acido-butyrométrique

1. Introduire dans le butyromètre avec pipette de sureté ou un doseur 10 ml d'acide sulfurique en évitant de mouiller le col,
2. Prélever 11 ml de lait préalablement homogénéisé et les introduire dans le butyromètre en laissant couler le lait très lentement pour éviter un mélange prématuré du lait avec l'acide,
3. Déposer à la surface du lait 1 ml d'alcool iso-amylque,
4. Adapter un bouchon sec et en bon état,
5. Agiter le butyromètre jusqu'à la dissolution complète de la caséine qui a été coagulée au début du mélange,
6. Procéder à la centrifugation sans laisser refroidir le butyromètre à 1000-2000 tours pendant 5 minutes,
7. Sortir le butyromètre de la centrifugeuse et le placer pendant 5 minutes dans un bain-marie à 65-70°C, veiller à ce qu'il soit complètement immergé,
8. Sortir le butyromètre du bain-marie,

9. Placer le butyromètre verticalement et amener par une manœuvre appropriée du bouchon le plan inférieur de la colonne grasse en coïncidence avec une division représentant un nombre de dizaines de grammes de matière grasse,
10. Assurer l'immobilité de la colonne grasse en maintenant le bouchon,
11. Lire le niveau le plus bas du ménisque supérieur de cette dernière en maintenant le butyromètre en position verticale et en effectuant la lecture perpendiculairement à l'appareil (Boumendjel *et al.*, 2017).



Figure 23 : Les étapes de la détermination de la matière grasse du lait (photos personnelles).

6. Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique du lait consiste en la recherche et/ou dénombrement d'un certain nombre des microorganismes susceptibles d'être présents dans le lait. Les analyses effectuées ont été portées sur :

- La flore aérobie mésophile totale,
- Les coliformes totaux et fécaux,

- Les microorganismes pathogènes : les *Streptocoques* D (fécaux), *Clostridium sulfito-réducteurs*, *salmonelles*,
- Les levures et moisissures.

Contrôle microbiologique : Avant la réalisation des manipulations microbiologiques, les règles générales des bonnes pratiques du laboratoire ont été respectées selon le manuel de sécurité biologique en laboratoire, et qui consistent en :

- Désinfecter le milieu (les mains, la paillasse, le matériel) avec un détergent ou avec de l'alcool ;
- Manipuler près d'un bec Bunsen en laissant la flamme allumée pendant 20 à 30 min pour stériliser la zone de contrôle, jusqu'à une distance de 30 cm ;
- Stériliser le matériel de travail à l'autoclave à 120°C pendant 20 min ;
- Changer les pipettes après chaque ensemencement ;
- Fermer les fenêtres pour éviter le risque de contamination.

6.1. Préparation des dilutions décimales

6.1.1. Principe

La préparation des dilutions décimales est une étape primordiale à toute recherche microbiologique qui nécessite un dénombrement. La détermination du nombre de dilutions est définie selon le nombre de germes toléré par la réglementation ; c'est la technique des dilutions successives. Actuellement, il paraît souhaitable, sauf indication afférente à un type donné d'aliment, de réaliser les préparations et les dilutions des échantillons à analyser dans une solution de tryptone sel (TSE).

6.1.2. Mode opératoire

1. Homogénéiser convenablement (manuellement ou mécanique) le produit à examiner ou sa suspension,
2. Prélever 1 ml de produit à l'aide d'une pipette de 1 ml stérile,
3. Introduire aseptiquement le volume prélevé dans un tube contenant 9 ml de diluant ; ainsi s'obtient une dilution homogène,

4. Rejeter la pipette dans un récipient contenant de l'eau javellisée,
5. Prélever 1 ml de la dilution au 1/10 à l'aide d'une nouvelle pipette stérile,
6. Introduire dans un deuxième tube contenant 9 ml de diluant : ainsi s'obtient une dilution au 1/100 ou 10^{-2} ,
7. Rejeter la pipette,
8. Une troisième opération s'effectue de la même manière afin d'obtenir une dilution au 1/1000 ou 10^{-3} .



Figure 24 : Les dilutions décimales préparées dans les analyses microbiologiques (photo personnelle).

6.2. Recherche de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

6.2.1. Principe

Cette méthode détermine la recherche et le dénombrement des germes aérobies dans les aliments par comptage des colonies à 30°C ; et cela dans le sens d'assurer les conditions favorables pour un développement maximum des germes dans une gélose riche à température adéquate (JORA, 1998).

6.2.2. Milieu de culture

- Gélose PCA

6.2.3. Mode opératoire

6.2.3.1. Ensemencement

1. A partir des dilutions décimales allant de 10^{-6} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml de lait dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage,
2. Verser ensuite avec environ 20 ml de gélose fondue puis refroidie à 45°C ,
3. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de huit « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose,
4. Laisser solidifier sur la paillasse,
5. Incuber les boîtes à l'étuve de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 72 ± 3 heures.

6.2.3.2. Lecture

Développement des colonies lenticulaires de couleur blanchâtre et de petite taille d'un diamètre de 0,5 mm indique la présence de la flore aérobie.

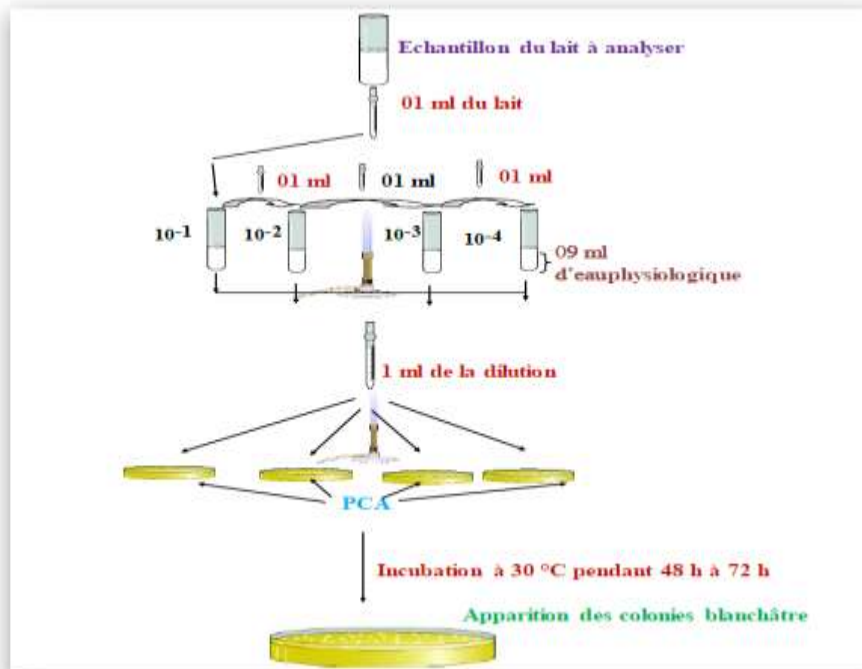


Figure 25 : Les étapes de la recherche de la flore aérobie mésophile totale.

6.3. Recherche des coliformes totaux et fécaux

6.3.1. Principe

Cette méthode permet de dénombrer les coliformes dans les échantillons alimentaires. Les dilutions décimales déterminées selon la charge microbienne tolérée. L'ensemencement se fait dans des géloses sélectives pour dénombrement après incubation à des températures adéquates.

6.3.2. Milieu de culture

- ✓ Gélose VRBI.

6.3.3. Mode opératoire

6.3.3.1. Ensemencement

1. A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée en indiquant la dilution, la date et l'analyse à faire. Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution :
 - La première série de boîtes sera incubée à 37°C et sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
 - La deuxième série de boîtes sera incubée à 44°C et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.
2. Verser ensuite 15 ml de gélose fondue puis refroidie à 45°C ,
3. Aussitôt après, faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de huit « 8 » pour bien mélanger la gélose à l'inoculum,
4. Laisser solidifier les boîtes de Pétri sur la paillasse,
5. Incuber les boîtes de la première série dans l'étuve à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ pendant $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ pour la recherche des coliformes totaux, et les boîtes de la deuxième série dans l'étuve de $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ pendant $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ pour la recherche des coliformes fécaux.

6.3.3.2. Lecture

Les coliformes totaux et fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé fluorescentes et de 0,5 mm de diamètre. Le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

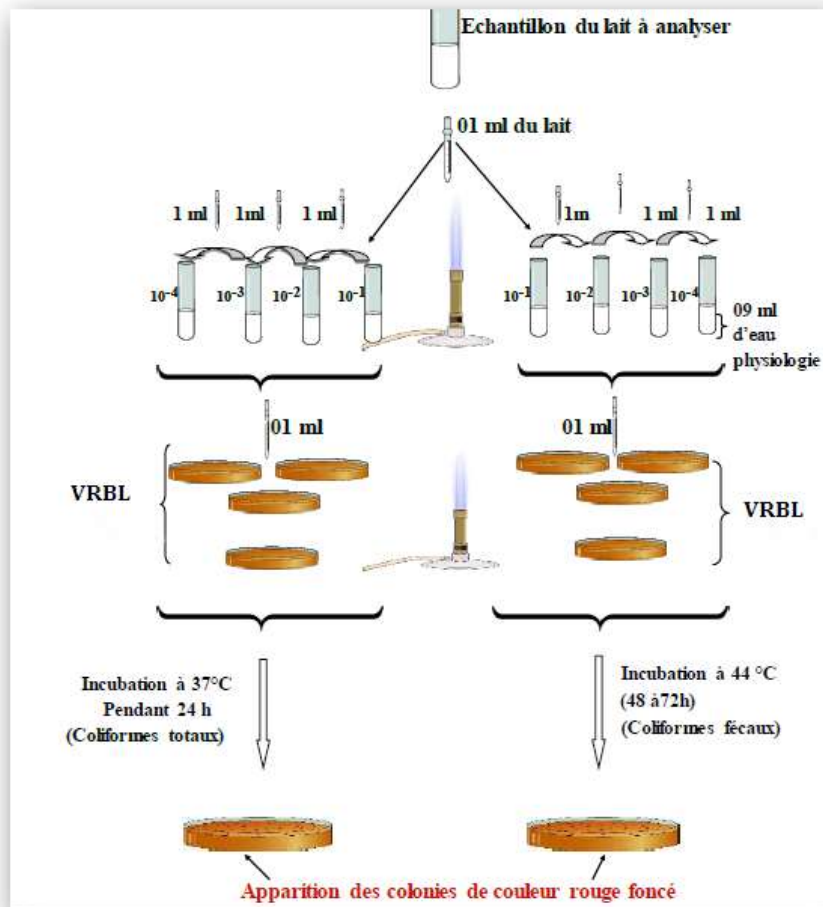


Figure 26 : Les étapes de la recherche des coliformes totaux et fécaux du lait.

6.4. Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs

6.4.1. Principe

Cette méthode permet de dénombrer les *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les échantillons à analyser. Le test consiste à éliminer la forme végétative des micro-organismes et laisser la forme sporulée par un traitement thermique. Le dénombrement se fait après une vivification dans une gélose sélective à des conditions favorables.

6.4.2. Milieu de culture et réactifs

- ✓ Gélose viande de foie (VF)
- ✓ Alun de fer
- ✓ Sulfite de sodium

6.4.3. Préparation du milieu de culture

1. Faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Viande Foie, le refroidir ensuite à 45°C,
2. Ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium,
3. Mélanger soigneusement et aseptiquement,
4. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 47°C jusqu'au moment de l'utilisation et ne doit pas se conserver plus de 24 heures (**Guiraud, 1998**).

6.4.4. Ensemencement

1. Les tubes contenant les dilutions 10^{-2} , 10^{-1} sont d'abord soumis à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 min,
2. Refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées,
3. A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans un tube à vis stérile,
4. Ajouter dans chaque tube environ 15 ml de gélose VF prête à emploi,
5. Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 min,
6. Incuber les tubes dans l'étuve à $46^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 à 48 h \pm 3 h.

6.4.5. Lecture

La première lecture doit se faire impérativement après 16 heures d'incubation, car d'une part, les colonies de *Clostridium* sont envahissantes. D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm. Dans le cas où on se trouve en face d'un tube complètement noir, l'interprétation devient alors difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.

En cas d'absence des colonies caractéristiques, ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures. Le nombre de colonies trouvées doit être multiplié par l'inverse de la dilution.

6.5. Recherche des salmonelles

6.5.1. Principe

Cette méthode permet de déterminer la présence de *Salmonella sp.* viables dans des échantillons alimentaires. La suspension mère subit une étape de pré-enrichissement suivie d'une étape d'enrichissement. L'incubation sur géloses sélectives permet l'isolement des cellules viables de *Salmonella sp.* qui se multiplient et forment des colonies visibles et identifiables.

6.5.2. Milieux de culture et réactifs :

- ✓ Eau peptonée et tamponée (ou TSE)
- ✓ Bouillon SFB D/C avec les disques SFB
- ✓ Gélose Hektoan
- ✓ Eau peptonée exempte d'indole

6.5.3. Mode opératoire

Jour 1 : Pré-enrichissement

1. Mettre 1 ml de produit à analyser dans un flacon de 9 ml TSE et bien homogénéiser,
2. Incuber à 37°C pendant 24 h.

Jour 2: Enrichissement

- 1.ensemencer 1 ml du mélange de pré-enrichissement dans un tube de bouillon au sélénite (SFB),
2. Incuber à 37°C pendant 24 h.

Jour 3: Isolement

1. Le flacon de sélénite positif (rose) fera l'objet d'un isolement en stries serrées sur milieu gélosé Hektoen préalablement coulé en boîtes de Pétri à raison de 15 ml et séchées en les plaçant retournées couvercle en bas (bord de la boîte sur le bord du couvercle),
2. Incuber les boîtes dans l'étuve à 37°C pendant 24 h.

6.5.4. Lecture

Les colonies de Salmonelles se présentent le plus souvent gris bleu à centre noir.

6.6. Recherche des Streptocoques D (fécaux)

6.6.1. Principe

Cette méthode permet de déterminer la présence de streptocoques fécaux viables dans des échantillons alimentaires. Une portion de l'aliment est enrichie dans un bouillon d'enrichissement puis l'isolement se fait sur une gélose sélective après incubation pendant une période donnée à une température déterminée. Les cellules viables de streptocoques se multiplient et forment des colonies visibles et identifiables puis nécessitent un autre isolement sur une gélose pour un but de confirmation (JORA, 1998).

6.6.2. Milieu de culture

- ✓ Bouillon Roth S/C
- ✓ Milieu Eva Litsky

6.6.3. Mode opératoire

Cette technique fait appel à deux tests consécutifs :

1. **Le test de présomption** : qui se fait sur milieu Rothe S/C
2. **Le test de confirmation** : qui se fait sur milieu Eva Litsky

6.6.3.1. Test de présomption

1. Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe S/C à raison de trois tubes par dilution,
2. A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée,
3. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu,
4. Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture : Le résultat est considéré positif si les tubes présentent un trouble microbien. Aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage.

6.6.3.2. Test de confirmation

1. Chaque tube de Rothe positif fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva Litsky,
2. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu,
3. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Lecture : le résultat est considéré positif si les tubes d'Eva Litsky présentent à la fois :

- Un trouble microbien,
- Une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube, et
- Le nombre de streptocoques fécaux est exprimé par le NPP (nombre le plus probable) selon la table de Mac Grady.

6.7. Recherche des résidus d'antibiotiques

6.7.1 Principe

Le test BETASTAR S Combo est un test rapide en une seule étape de détection des résidus d'antibiotiques Bêta-lactames et Tétracyclines ainsi que Desfuroyl-Ceftiofur de manière distincte. La méthode employée est du type « Receptor Assay ». Le test emploie des récepteurs spécifiques liés à des particules d'or et un support immuno-chromatographique sous forme de bandelette. Pendant l'incubation, la bandelette absorbe le mélange (Lait + réactifs) présent dans la cupule (Cniel, 2016).

En présence d'antibiotiques, les récepteurs se lient aux résidus pendant la phase de migration. L'interaction entre récepteurs et résidus lors de la migration est détaillée ci-dessous :

- La première bande retient tous les récepteurs spécifiques aux tétracyclines et qui ne sont pas liés aux résidus de tétracyclines.
- La seconde bande retient tous les récepteurs spécifiques aux bêta-lactames et qui ne sont pas liés aux résidus de bêta-lactames.
- La troisième bande retient tous les récepteurs spécifiques au Desfuroyl-Ceftiofur et qui ne sont pas liés à cette molécule.
- La dernière bande correspondant à la ligne Contrôle, retient tous les récepteurs restants.



Figure 27 : Recherche des résidus d'antibiotique par le test de BETASTAR S Combo.

6.7.2. Protocole d'utilisation

1. Contrôler que les temps d'incubation sont de 5 min puis 0 min,
2. Attendre que l'appareil affiche la température de $47,5^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$,
3. Retirer le coffret de BETASTAR S Combo du réfrigérateur 10 min avant de démarrer une analyse,
4. Prendre un tube,
5. Transférer 0,3 ml de lait dans le flacon,
6. Plonger le tube de la pipette jetable dans le lait et presser la poire supérieure,
7. Relâcher la pression doucement – le lait monte dans le capillaire. Le capillaire doit être rempli. L'excédent de lait tombe dans le réservoir adjacent au capillaire,
8. Pour ajouter le lait aux réactifs, introduire le capillaire dans le flacon et presser la poire supérieure. Le capillaire doit être complètement vide,
9. Avec des mains propres et sèches, ouvrir le flacon blanc, prendre une bandelette et introduire celle-ci dans le tube placé dans l'incubateur. Les flèches sur la bandelette doivent être orientées vers le bas,
10. Fermer le flacon blanc,
11. Lancer l'incubation pendant 5 min,
12. Presser le bouton pour lancer l'étape d'incubation,

13. Après 5 min, un bip sonore est émis et « End » s'affiche. Presser de nouveau pour arrêter le bip sonore,
14. Presser le bouton pour lancer la deuxième étape qui est à temps 0,
15. Presser à nouveau pour arrêter le bip sonore,
16. Sortir la bandelette du tube (**Cniel, 2016**).

6.7.3. Lecture

Lire les résultats dans les 5 à 6 minutes suivant l'immersion de la languette. La ligne de contrôle C doit apparaître dans tous les cas, sinon le test est invalide.

L'interprétation du test est réalisée en comparant les lignes de tests :

(**B-l** pour bêta-lactames, **D-c** pour Desfuoyl-Ceftiofur et **Tet** pour Tétracyclines) avec la ligne Contrôle (**Ctrl**). Si aucune ligne rouge n'apparaît, le test est considéré comme non valide (**Cniel, 2016**).

Test négatif : La ligne de test est de la même intensité ou, elle a une intensité plus forte que la ligne Contrôle.

Test positif : La ligne de test a une intensité plus faible que la ligne Contrôle.

1. Toutes les lignes apparaissent : le résultat du test est négatif, pas d'antibiotiques de la liste répertoriée.
2. Lignes T et C apparaissent : Test positif, β -lactames détectés.
3. Lignes B et C apparaissent : Test positif, tétracyclines détectées.
4. Seule la ligne C apparaît : β -lactames et tétracyclines sont détectés (**Cniel, 2016**).

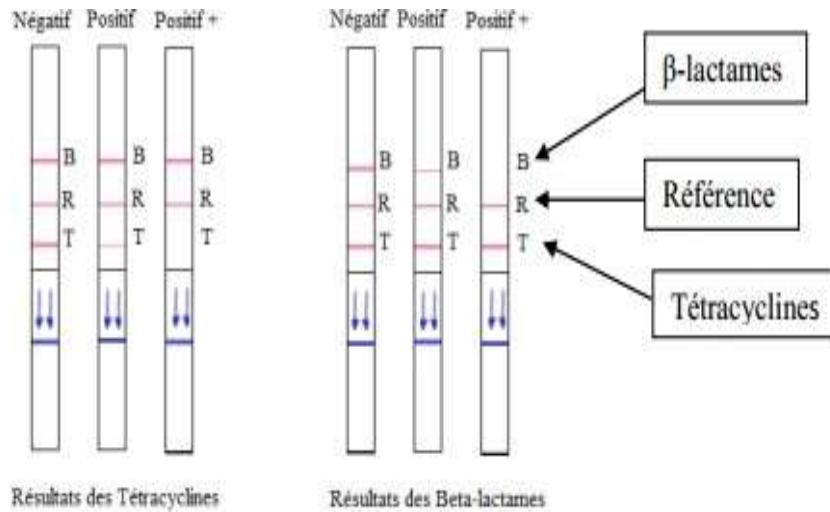


Figure 28 : Lecture des résultats de la recherche des résidus d'antibiotiques.

6.8. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

6.8.1. Milieux de culture

- Gélose Sabouraud

6.8.2. Ensemencement

1. On étale 0.1 ml de la suspension mère et des dilutions décimales de produit à analyser sur la surface de la boîte de Pétri contenant le milieu sélectif (Sabouraud),
2. Les boîtes de Pétri sont incubées à 20-25°C pendant 3 à 5 jours avec le couvercle vers le haut.

Chapitre V

Résultats et discussion

1. Etude comparative de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de la chèvre

Les résultats d'analyse de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques physico-chimique du lait de la chèvre sont résumés dans le Tableau 08.

- **Régime alimentaire I** : une ration standard composée d'aliment concentré, maïs, pâturage et céréales.
- **Régime alimentaire II** : dont la composition est : aliment concentré, maïs, pâturage, céréales plus de *l'Artemisia herba alba*.

Tableau 07 : Les résultats d'analyse de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques physicochimiques du lait de la chèvre.

	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II	Normes (AFNOR 1985)
pH	6.69	6.67	6.5 à 6.8
Acidité (°D)	12	14	15 à 18
MG (g/l)	60	47	32 à 38 g/l
MS (g/l)	153.5	139.6	102 à 125 g/l
Densité	1028	1028	1027 à 1032

Résultats et discussion

1. Le pH

Les valeurs du pH des deux échantillons de lait analysés sont conformes aux normes (AFNOR 1985), et elles montrent aussi que les deux laits étaient frais selon Vignola (2002). De plus, ces 2 valeurs de pH ne diffèrent pas largement du pH rapporté (6.71) pour la race la Saanen (Kljajevic *et al.*, 2017). En dépit de la différence dans le régime alimentaire, le pH du lait du régime I (6.67) est presque identique à celui du régime II (6.69). Ces résultats sont en désaccord avec Alias (1984) qui a rapporté que le pH n'est pas une valeur constante et peut varier sous l'influence de l'alimentation. L'absence de différence dans le pH peut au moins indiquer que soit *Artemisia herba-alba* n'a pas d'effet sur le pH,

soit la durée d'exposition au régime alimentaire et également la quantité d'*Artemisia herba-alba* étaient insuffisantes pour observer un effet sur le pH du lait.

2. Acidité titrable

L'analyse n'a pas révélé pas de différence importante dans l'acidité du lait entre le régime alimentaire I (12° D) et le régime II (14° D). De plus, ces données montrent que le régime alimentaire à base de n'avait pas d'impact sur l'acidité. Toutefois, l'acidité des deux était plus basse que les normes (15-18 °D). Comme l'acidité titrable = acidité naturelle + acidité développée, la diminution de l'acidité des deux lait peut être expliquée par une modification dans les constituants du lait qui contribuent à l'acidité naturel (phosphates, les caséines, les autres protéines, les citrates et le bioxyde de carbone) et dans la flore des bactéries lactiques qui déterminent l'acidité développée par fermentation du lactose en acide lactique.

3. La densité

La densité est le paramètre le plus recherché car il permet la détection des fraudes. La densité du lait trouvée était la même pour les deux régimes alimentaires. Cette valeur (1028) est dans l'intervalle des valeurs normales (1027-1032), ce qui indique que les deux laits étaient dans un état normal et qu'ils n'étaient pas dilués. Toutefois, L'absence d'effet de l'*Artemisia herba-alba* sur la densité reste à expliquer dans les prochaines études. En partant de ces résultats, il est possible d'utiliser l'*Artemisia herba-alba* comme aliment pour les chèvres car elle n'affecte pas la densité du lait.

4. La matière grasse

La matière grasse est la fraction la plus variable du lait. Dans cette étude la teneur en MG des deux régimes alimentaires était plus élevée par rapport aux normes (32-38 g/l), et elle était supérieure dans le régime I (60 g/l) à celle dans le régime II (47 g/l). L'augmentation importante du taux de la MG dans le lait du régime I par rapport au régime II pourrait être due au stade de lactation (**Jaques, 1998**) qui était de 2-4 semaines dans le régime I et de 4-6 semaines dans le régime II après la mise bas. Par contre, la diminution considérable en MG dans le régime II après la soumission au régime I pourrait être liée à l'*Artemisia herba-alba* car elle représente la seule différence dans la composition entre le régime I et II. Comme la matière grasse du lait consiste essentiellement en triglycérides, phospholipides, cérebrosides, cholestérol et en acides gras libres (**Pradal, 2012**), il semble

indispensable d'analyser ces constituants dans l'avenir pour d'un côté expliquer la valeur élevée de la MG dans les deux régimes, et la différence de sa teneur entre les deux régimes dans un autre côté.

5. La matière sèche

La valeur de matière sèche traduit la quantité de matière solide qui reste après dessiccation. Par comparaison aux normes (102-125 g/l), la teneur en matière sèche totale du lait de la chèvre était élevée avant (153,5 g/l) et après l'alimentation à base d'*Artemisia herba-alba* (139,6 g/l). Ces données indiquent aussi que le lait du régime I était plus riche en matière sèche que celui du régime II. Cette différence dans la richesse en matière sèche pourrait être expliquée par la différence dans le stade de lactation entre le régime I (2-4 semaines) et régime II (4-6 semaines) (Pradal, 2012). Comme la composition du régime alimentaire a un effet sur le taux de la matière sèche (Pradal, 2012), la diminution de la teneur en matière sèche dans le régime II pourrait être due à *Artemisia herba-alba* car le régime I et II ne différaient qu'en *Artemisia herba-alba*.

2. Etude comparative de l'effet des deux régimes alimentaires sur les caractéristiques microbiologiques du lait de la chèvre

Les résultats d'analyse des paramètres microbiologiques du lait de la chèvre des deux régimes alimentaires sont résumés dans le Tableau 09. Les boîtes contenant plus de 300 colonies et moins de 30 colonies ont été écartées. Le calcul du nombre de microorganismes par millilitre du lait a été fait selon la formule ci-dessous (Guiraud, 1998) :

$$[N] = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1 n_2 + 0,01 n_3) dV} \text{ UFC/ml}$$

C : est la somme des colonies comptées dans la première dilution.

V (ml) : volume de solution déposé.

N : nombre totale des colonies dans toutes les boites.

n₁ : Nombre de boites comptées dans la première dilution.

n₂ : Nombre de boites comptées dans la seconde dilution.

n₃ : Nombre de boites comptées dans la troisième dilution.

d : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus

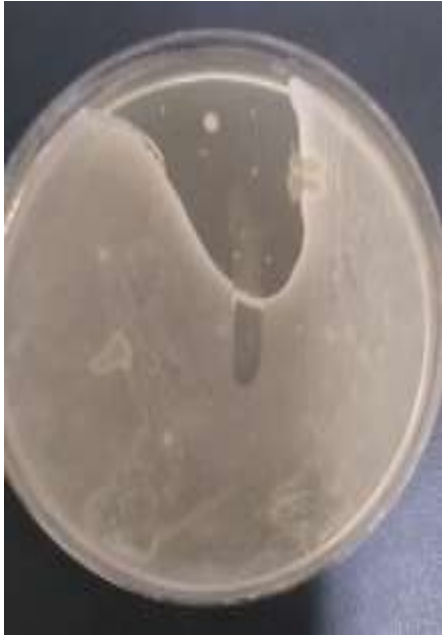
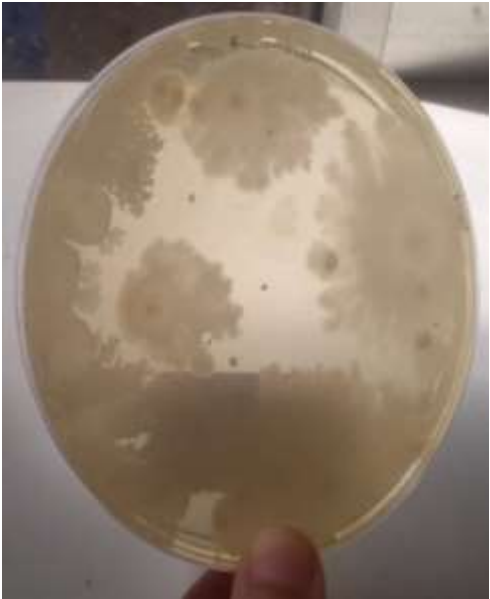
Tableau 08 : Résumé des résultats d'analyse microbiologique du lait des deux régimes alimentaires.

Microorganismes	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II
Germes totaux	2.7x10³	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
Coliformes totaux	3.6x10³	Abs
Streptocoques fécaux D	Abs	Abs
Clostridium	Abs	Abs
Salmonelle	Abs	Abs
Levures et moisissures	Présence (2 souches)	Abs
Résidus d'antibiotiques	Abs	Abs

Résultats et discussion

1. Flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Tableau 09 : Résultats d'analyse de la recherche des germes totaux dans le lait des deux régimes alimentaires.

N° de la dilution	Aspect macroscopique	
10 ⁻¹	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II
		



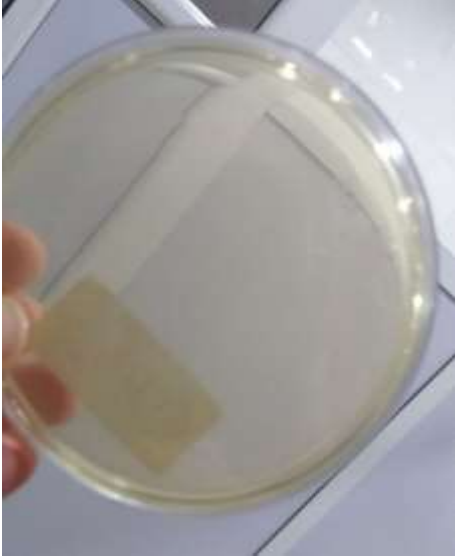
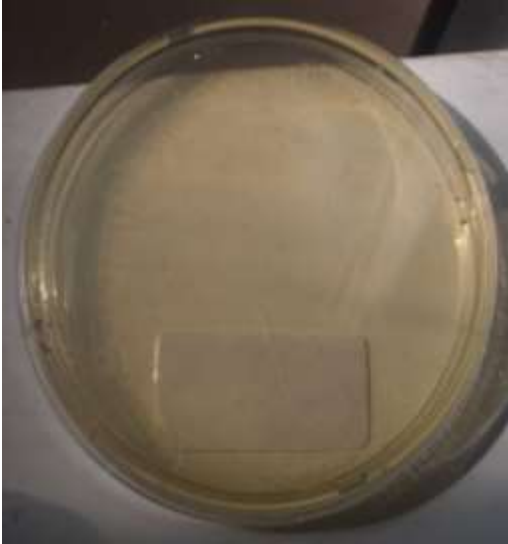
<p>10^{-2}</p>	 A petri dish containing a turbid, orange-brown liquid. The liquid is opaque and has a uniform color throughout, suggesting a high concentration of a substance.	 A petri dish containing a clear, colorless liquid. The liquid is transparent and shows no signs of turbidity or color, indicating a low concentration of the substance.
<p>10^{-3}</p>	 A petri dish containing a clear, colorless liquid. The liquid is transparent and shows no signs of turbidity or color, indicating a low concentration of the substance.	 A petri dish containing a turbid, yellowish liquid. The liquid is opaque and has a uniform color throughout, suggesting a high concentration of a substance.

Tableau 10 : Résultats du dénombrement de la flore aérobie mésophile totale





Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	Temps d'incubation	Résultats		Normes	Référence
				RI	RII		
<i>Germes totaux</i>	PCA	30°C	72h	2.7x10 ³	Abs	3x10 ⁵	Journal officiel N°39 02 juillet 2017

Les différentes colonies observées ont été de petite et grande taille et de couleurs différentes : blanche ou jaune claire de forme circulaire et lisse. Le nombre de colonies de la FAMT dans le lait du régime I était 30 colonies et celui du régime II était 6 colonies. Les colonies du lait du régime II ont été écartées car leur nombre était inférieur à 30.

Le nombre de germes totaux de la FAMT dans le lait des deux régimes était inférieur aux normes (10⁵ UFC/ml) selon **Guiraud (1998)** et **JORA (2017)**. Selon **Farris (2009)**, le lait de chèvre est de bonne qualité microbiologique lorsqu'il contient moins de 10⁵ germes/ml du lait. Ces résultats de dénombrement indiquent donc que la charge microbienne des deux laits pourrait être considérée faible par rapport aux normes et que le taux de contamination était négligeable. Le nombre faible de germes totaux pourrait traduire le respect de la principale méthode d'hygiène à savoir le nettoyage des mains, de la mamelle et de la bouteille. L'absence de germes totaux dans le lait du régime II était probablement due à plus de respect des règles d'hygiène ou à la présence de certains constituants d'*Artemisia herba-alba* à effet anti-bactérie dans le lait de la chèvre. Des études *in vitro* sont nécessaires pour expliquer cette absence de germes totaux de la flore FAMT dans le lait d'un régime à base d'*Artemisia herba-alba*.

2. Coliformes fécaux

Tableau 11 : Résultats d'analyse de la recherche des coliformes fécaux dans le lait des deux régimes alimentaires.

N° de la dilution	Aspect macroscopique	
10 ⁻¹	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II
		
10 ⁻²	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II
		

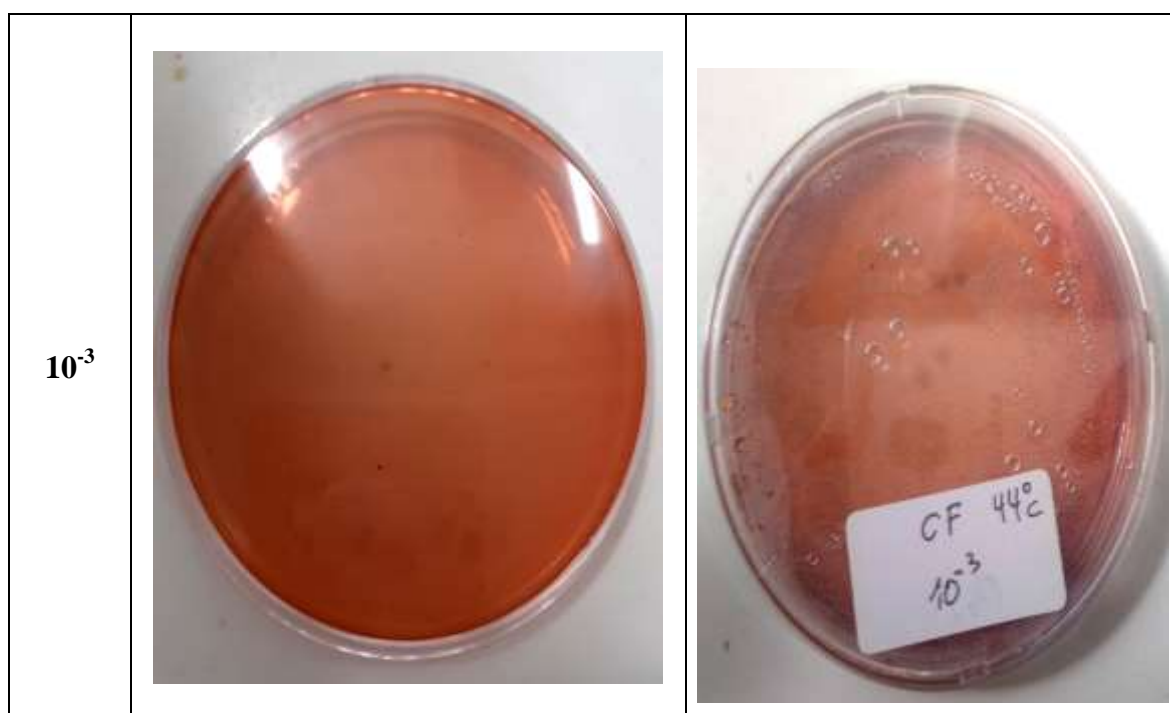




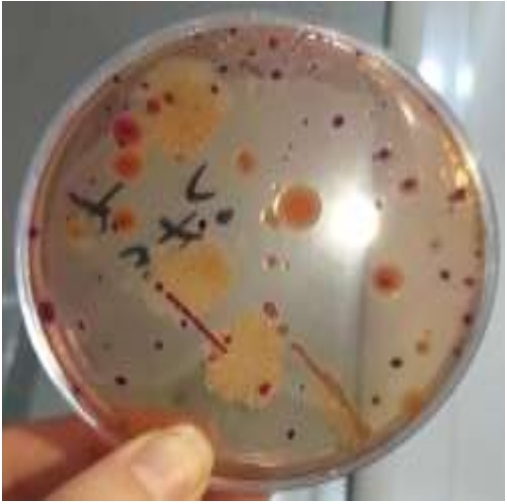

Tableau 12 : Résultats du dénombrement des coliformes fécaux.

Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	Temps d'incubation	Résultats Dans les 2 laits	Norme	Référence
<i>Coliformes Fécaux</i>	VRBL	44°C	24 h	Absence	10 ³	JAOR 1998

La présence des coliformes fécaux est un bon indice de mauvaises conditions hygiéniques pendant ou après la transformation de l'aliment. Les résultats de cette étude montrent l'absence des coliformes fécaux avant et après l'alimentation à base d'*Artemisia herba-alba*. De plus, aucune des colonies caractéristiques violacées n'a été trouvée dans la gélose VRBL, et cela conformément aux normes du **JORA (1998)**. Cela indique aussi que les deux laits satisfaisaient aux critères microbiologiques. Dans l'absence d'une expérimentation *in vitro*, Il ne semble possible de conclure qu'une alimentation à base d'*Artemisia herba-alba* n'a ni effet positif ni négatif sur la croissance des coliformes fécaux vu leur absence observée dans les deux régimes.

3. Coliformes totaux

Tableau 13 : Résultats d'analyse de la recherche des coliformes totaux dans le lait des deux régimes alimentaires.

N° de la dilution	Aspect macroscopique	
	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II
10^{-1}		
10^{-2}		

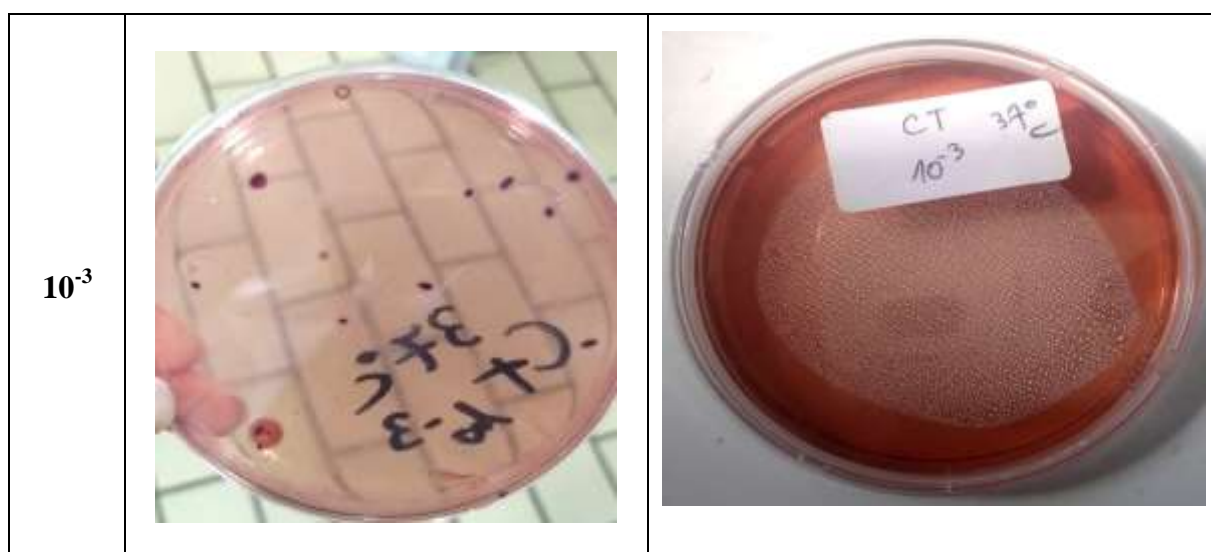


Tableau 14 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux.

Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	T° d'incubation	Résultats		Norme	Référence
				Régime I	Régime II		
<i>Coliformes totaux</i>	VRBL	37°C	24 h	3.6×10^3	Absent	5×10^3	Journal officiel N°39 02 Juillet 2017



Les coliformes totaux servent d'indicateur de la présence possible de contamination fécale. Leur recherche et leur dénombrement permettent d'apprécier l'importance de contamination du lait et des produits laitiers (Vignola, 2002).

La recherche des coliformes totaux dans le lait du régime I a conduit à l'observation de petites colonies caractéristiques violacées et rouge foncé de 0,5 mm de diamètre sur la gélose VRBL mais avec un nombre (3.6×10^3 UFC/ml) inférieur à la norme (10^6 UFC/ml) rapportée par Guiraud (1998) et à celle (5×10^5 UFC/ml) publiée par JORA (2017). Par contre, une absence totale de colonies a été observée sur la gélose VRBL pour le lait du régime II. Comme le lait du régime I renfermait un nombre de colonie des coliformes totaux inférieur aux valeurs normales et vu leur absence dans le lait du régime II, la qualité microbiologique des deux laits étaient considérée satisfaisante. L'origine de l'absence de coliformes totaux dans le lait du régime II, qui pourrait être due au respect élevé des

règles de sécurité microbiologique ou à la présence de certains composants d'*Artemisia herba-alba* à effet antibactérien dans le lait, reste à confirmer par des études *in vitro*.

4. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Tableau 15 : Résultats d'analyse de la recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* dans le lait des deux régimes alimentaires.

N° de la dilution	Aspect macroscopique	Aspect macroscopique
10 ⁻¹		



10^{-2}		
	Régime alimentaire I	Régime alimentaire II

Tableau 16 : Résultats du dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	Temps d'incubation	Résultats pour les deux régimes	Norme	Référence
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	VF	46°C	24 à 48 h	Absence	50 UFC/ml	JORA 1998

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont responsables de gastro-entérites et capables de contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées (Lebres, 2002). L'analyse microbiologique a montré que le lait du régime I et celui du régime II étaient dépourvus de *clostridium sulfito-réducteurs*, et donc ils étaient conformes à la norme (50 UFC/ml) du JORA (1998) et à celle (< 50 UFC/ml) de Guiraud (1998). L'absence de *Clostridium sulfito-réducteurs* dans le lait du régime II ne peut pas indiquer qu'un régime alimentaire à base

d'*Artemisia herba-alba* n'affecte ni positivement ni négativement la croissance des *Clostridium sulfito-réducteurs* sans réaliser d'une étude *in vitro*.

5. Salmonelles

Tableau 17 : Résultats d'analyse de la recherche des *salmonelles* dans le lait des deux régimes alimentaires.



N° de la dilution	Pré-enrichissement	Enrichissement dans SFB
10 ⁻¹		

Tableau 18 : Résultats du dénombrement des *Salmonelles*

Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	Temps d'incubation	Résultats pour les deux régimes	Norme	Référence
<i>Salmonelles</i>	Bouillon SFB	37°C	24 h	Absence	Absence dans 25 ml	JORA 2017

La recherche des salmonelles vérifie la conformité du produit à la consommation, car les salmonelles sont responsables de gastro-entérites, de toxi-infections alimentaires, et des fièvres typhoïde et paratyphoïde. En général, l'isolement des salmonelles dans le lait cru est difficile à mettre en évidence (Afif et al., 2008). L'analyse microbiologique a montré l'absence des salmonelles dans les laits des deux régimes alimentaires, ce qui implique que les deux laits n'étaient pas contaminés par les *Salmonelles* conformément aux normes bactériologiques algériennes publiées en 2017. Ces résultats confirment aussi que l'animal producteur de lait était en bonne santé et ne présentait pas de mammites. L'absence de *Salmonelles* dans le lait du régime I comme dans le régime II ne peut pas exclure tout effet positif ou négatif d'une alimentation à base d'*Artemisia herba-alba* sur la croissance de ce genre de bactéries sans confirmer par une expérimentation *in vitro*.

6. Streptocoques fécaux D

Tableau 19 : Résultats d'analyse de la recherche des *Streptocoques fécaux D* dans le lait des deux régimes alimentaires.


N° de la dilution	Aspect macroscopique
<p>10⁻¹</p> <p>10⁻²</p> <p>10⁻³</p>	



Tableau 20 : Résultats du dénombrement des *Streptocoques fécaux D*.

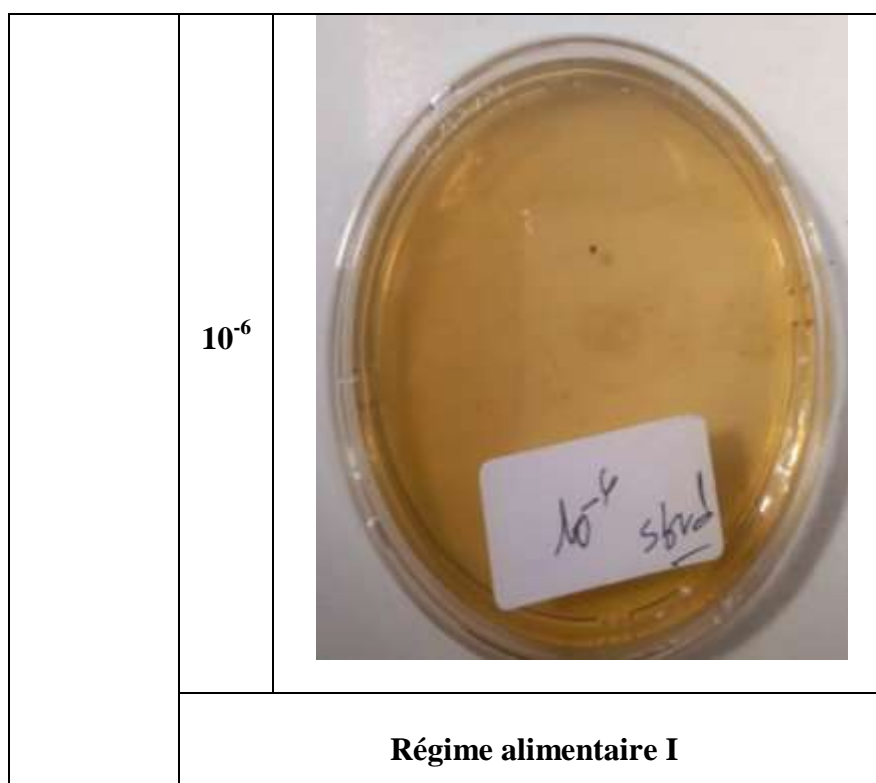
Bactérie	Milieu de culture	T° d'incubation	Temps d'incubation	Résultats pour les deux régimes	Norme	Référence
<i>Streptocoques fécaux D</i>	Milieu Roth S/C	37°C	24 à 48 h	Absence	Absent/0,1ml	JORA 1998

Les *Streptocoques fécaux* qui regroupent des genres très fréquents sont considérés comme contaminants dans l'industrie alimentaire et surtout comme agent de la fermentation lactique (**Guiraud et Galzy, 1980**). Conformément à la norme (absence/0,1 ml) rapportée par **JORA** en **1998**, les deux laits des deux régimes alimentaires n'étaient pas contaminés par les *Streptocoques fécaux D*. L'absence des *Streptocoques fécaux D* notée dans le lait du régime I comme dans celui du régime II ne peut pas écarter l'action antibactérienne d'un mode alimentaire à base d'*Artemisia herba-alba* sur ce type de streptocoques vu cette étude n'a pas réalisé une expérimentation *in vitro* dans ce sens.

7. Levures et Moisissures

Tableau 21 : Résultats d'analyse de la recherche des levures et moisissures dans le lait du régime I.

Milieu de culture	Aspect macroscopique	
Sabouraud	10 ⁻¹	
	10 ⁻²	



Les levures et moisissures provoquent selon **Snappe (2010)** des accidents de fabrication, dégradation du gout, gonflement, mauvaise présentation et diminution de la durée de conservation des produits. Les résultats d'analyse microbiologique du lait du régime I ont permis d'observer deux souches : *Scopulariopsis sp.* avec la dilution 10^{-1} et la souche *Penicillium sp.* avec la dilution 10^{-2} , alors qu'il y avait absence totale de moisissures dans le lait du régime alimentaire II. L'apparition de moisissures seulement dans le lait du régime I pourrait démontrer qu'une alimentation à base d'*Artemisia herba alba* possède un effet sur les champignons et ainsi ce régime peut protéger le lait contre la contamination fongique.

9. Résidus d'antibiotiques

L'analyse du lait des deux régimes alimentaires n'a pas trouvé d'antibiotiques (β lactame, Tétracycline), ce qui indique que les deux laits ont répondu à la norme recommandée par le **JORA (1998)**. Cette absence pourrait être expliquée par le fait que la chèvre était soumise à une alimentation naturelle dépourvue d'antibiotiques.



Figure 29 : Résultat de la recherche des résidus d'antibiotiques (photo personnelle).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* a montré un effet sur quelques propriétés physicochimiques et microbiologiques du lait de chèvre sans affecter trop la conformité du lait aux normes.

Sur le plan physicochimique, l'alimentation à base d'*Artemisia herba alba* a amené la matière sèche, la teneur en matières grasses et l'acidité du lait à des valeurs plus proches des normes que le régime sans *Artemisia herba alba*.

Sur le plan microbiologique, le régime à base d'*Artemisia herba alba* pourrait avoir un effet antibactérien sur au moins la flore aérophile mésophile totale et sur les coliformes totaux. De plus, ce régime alimentaire semble avoir un effet antifongique. Les résultats d'analyse microbiologique montrent que cette plante peut se substituer efficacement aux antibiotiques de synthèse utilisés dans l'alimentation des animaux laitiers. Des études *in vitro* sont encore nécessaires pour explorer et confirmer l'effet antibactérien et antifongique du lait d'un régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* sur les autres microorganismes surtout pathogènes.

Quels que soient les travaux de recherche et les efforts entrepris dans ce sens, ils restent toujours insuffisants pour arriver à déchiffrer, à saisir et à bénéficier totalement de toutes les vertus et les qualités que possèdent les plantes médicinales steppiques, parmi lesquelles on trouve une plante légendaire et historique dont l'utilisation est très bien conservée dans nos traditions à travers des générations, cette mythique plante c'est la fameuse armoise blanche « *Artemisia herba alba* ».

En perspective, on espère que cette étude va attirer l'attention des éleveurs sur l'importance de l'utilisation de l'*Artemisia herba alba* dans l'alimentation des chèvres et sur les effets bénéfiques qu'elle apporte aux qualités physicochimiques et microbiologiques du lait. De plus, cette étude propose de réaliser d'autres recherches sur l'effet du régime alimentaire à base d'*Artemisia herba alba* sur le lait d'autres animaux laitiers et de prendre en considération les effets de la dose de cette plante médicinale dans la ration alimentaire et de la durée d'exposition à un tel régime alimentaire.