

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des sciences agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de master

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

*Recherche de résidus d'antibiotiques
dans le lait cru d'origine bovine*

Présenté par : Bessadi Maciva & Berkane Amal.

Soutenue le 12/07/20223

Membre du jury :

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| Président : Pr. Houali | Professeur à UMMTO |
| Examinatrice: Mme. Ramane | Maitre de conférences b à UMMTO |
| Promoteur : Mr.Msela | Maitre de conférences b à UMMTO |
| Co-promotrice : Mme. Saci | Doctorante à UMMTO |

2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons notre profonde gratitude envers le « BON DIEU » pour nous avoir donné la volonté, la santé, la puissance et la patience nécessaires de mener à terme ce modeste travail.

En premier lieu, nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à notre promoteur, M. Msela, d'avoir accepté de superviser ce travail. Nous sommes reconnaissants pour sa patience, son encouragement, ses conseils et sa disponibilité tout au long de notre recherche.

Nous remercions également notre copromotrice « Mme Saci » pour sa patience, ses conseils et son aide durant notre étude.

Nos remerciements les plus chaleureux vont aux membres du jury et examinateurs, dont nous citons « Mme. Ramane et M. Houali », d'avoir accepté de présider le jury et d'examiner notre travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers le personnel du laboratoire « Le Fermier », en particulier M. Nechiche et M. Bouhadda, pour leur accueil chaleureux et leur guidance tout au long de notre travail.

Un grand merci à HAMIDA OUAMER pour son aide précieuse lors de la collecte du lait.

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements aux éleveurs pour leur coopération, leurs réponses et les échantillons fournis, qui ont permis la réalisation de ce travail.

Nous tenons également à remercier les vétérinaires, Mme Bessadi et Melle Kedjem pour leur assistance tout au long de ce projet.

Enfin, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et d'amour

À mes très chers parents qui ont partagés mes joies et mes peines, qui ont été toujours à mes côtés, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Que Dieu les garde toujours en bonne santé.

À mes très chères sœurs "Katia" et "Sonia", je vous souhaite une belle vie plein de bonheur, de joie et de succès

À mon unique frère "Aferdas" que j'aime beaucoup

À mon beau frère "Akram" et mon très cher neveu "Racim" à qui je souhaite la réussite

À ma familles "Tantes, Oncles, Cousins et Cousines"

À ma meilleure copine Ahlem, son fils Karam et son mari Toufik ainsi toutes sa famille

À mes amies "Soraya, Diana, Rzika, Sonia, Manel, Zahra, Djedji"

À ma très chère binôme "Amel" ainsi qu'à sa famille avec qui j'ai passé des moments inoubliables

À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail

*À toutes la promotion d'agro Alimentaire
et contrôle de qualité 2023/2024*

Maciva



Dédicaces

Avec un énorme plaisir et Cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce travail :

À mon très cher père Ahmed, pour sa confiance, ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'étude dès le premier pas jusqu'à ce jour-là et qui m'a appris que la patience et le secret du succès.

À la source de la tendresse, ma mère Zohra pour sa gentillesse sa douceur, pour son affection, son amour, ses sacrifices et ses encouragements.

À mes irremplaçables sœurs : Emmama et Zaineb.

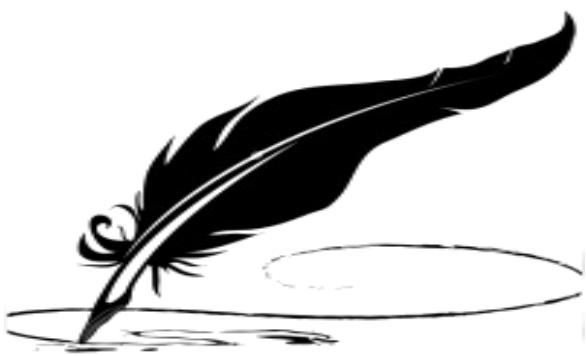
À mes chers frères : Hocine, Abdelkrim et Pounes.

À mes chers amis : Abderrahmane, Hassina, Thiziri, Manel, Zahra, Zahia, Sadia, Zineb, Phahra.

À ma très chère binôme "Macira" ainsi qu'à sa famille avec qui j'ai passé des moments inoubliables

À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail

*À toutes la promotion d'agro Alimentaire
et contrôle de qualité 2023/2024*



Amal

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Listes des figures

Listes de tableaux

Listes d'abréviations

Résumé

Introduction

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait

I. Généralité sur le lait

1. Définition du lait	02
2. La composition du lait	02
2.1.Eau	02
2.2.Matière grasse	02
2.3.Les protéines	03
2.4.Les caséines.....	03
2.5.Les protéines de lactosérum.....	03
2.6.Les glucides	03
2.7.Les minéraux.....	04
2.8.Les vitamines	04
2.9.Les enzymes.....	04
3. Les propriétés organoleptiques du lait	05
3.1.La couleur.....	05
3.2.La saveur	05
3.3.L'odeur	05
4. Les propriétés physico-chimiques du lait	05
4.1.La masse volumique	05
4.2.Le Ph.....	06

4.3.La densité	06
4.4.L'acidité titrable.....	06
4.5.Le point de congélation	06
4.6.Le point d'ébullition	06
5. Les différents types du lait	06
5.1.Le lait frais	07
5.2.Le lait cru	07
5.3.Autres types du lait	07

II. Le lait au niveau de la ferme

1. Les conditions d'hygiène	08
1.1.La santé des animaux	08
2. La traite	08
2.1.La traite manuelle	08
2.2.La traite mécanique	09
3. La collecte du lait	10

III. Le lait au niveau de l'industrie

1. Les analyses physico-chimiques	10
1.1.La densité	11
1.2.L'acidité	11
1.3.Potentiel d'hydrogène.....	11
1.4.Test d'ébullition.....	11
1.5.La teneur en matière grasse.....	12
1.6.La teneur en matière sèche.....	12

Chapitre II : Les antibiotiques

I. Les maladies infectieuses de la vache

1. Traitements.....	13
---------------------	----

II. les antibiotiques

1. Définition.....	13
2. Classification des antibiotiques.....	14
2.1.Les bêta-lactamines	14

2.2.Les macrolides	15
2.3.Les tétracyclines	15
2.4.Les sulfamides	15

III. Les problèmes des résidus d'antibiotiques

1. Les problèmes allergiques	16
2. Les problèmes toxiques	17
2.2.La toxicité directe	17
2.3.Risque cancérigène	17
3. Les problèmes d'antibiorésistance	17

IV. les méthodes de détection des résidus d'antibiotiques

1. Les méthodes microbiologiques	18
1.1.Test de diffusion	18
1.2.Delvo test	18
1.3.Copan test.....	19
2. Les méthodes enzymatiques.....	19
2.1.Penzym	19
3. Les méthodes immuno-enzymatiques	19
3.1.Les tests récepteurs.....	19
3.2.Elisa test	20
4. Les méthodes physico-chimiques	20
4.1.Les méthodes chromatographiques	20
4.1.1. Chromatographie liquide à haute performance	20
4.1.2. Chromatographie en phase gazeuse	21
4.1.3. Chromatographie en couche mince.....	21
4.2.La méthode spectrophotométrie : spectrophotométrie de masse	22

Etude expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Objectif	23
2. Lieux d'échantillonnage	23
3. Prélèvement.....	23
4. Cadre de l'étude	24

5. Matériels et méthodes	24
5.1.Au niveau de Fermier	24
5.1.1. Les analyses physico-chimiques	24
5.1.1.1.Détermination de Ph	24
5.1.1.2.Détermination de l'acidité titrable	25
5.1.1.3.Déterminations d'autres composés	26
5.1.1.4.Détermination de la teneur en matière grasse	26
5.2.Au niveau de laboratoire de l'université Mouloud Mammeri	28
5.2.1. La détection des résidus d'antibiotiques.....	28
5.2.1.1.Snap Duo ST Plus	28
5.2.1.2.Test de diffusion en gélose	29
5.2.1.2.1. Revivification et contrôle de la qualité des souches	29
5.2.1.2.2. Préparation des disques.....	29
5.2.1.2.3. Préparation des milieux.....	30
5.2.1.2.4. Préparation des échantillons	31
5.2.1.2.5. Préparation de la suspension bactérienne	31
5.2.1.2.6. Ensemencement des boîtes de pétri.....	32

Résultats

1. Analyses physico-chimiques	33
2. Détection des résidus d'antibiotiques	33
2.1.Par le Kit Snap Duo Plus.....	33
2.1.1. Familles détectées par kit Snap	34
2.2.Test de diffusion	34
2.3.Les résidus d'antibiotiques et système d'élevage.....	35
2.4.Les résidus d'antibiotiques et âge.....	36
2.5.Les résidus d'antibiotiques et la texture du lait	37
2.6.Les résidus d'antibiotiques et la couleur du lait	37

Discussions

Conclusion

Références bibliographique

Annexes

La liste des figures

Figure 01 : Des échantillons du lait dans des flacons stériles.....	23
Figure 02 : Un ph mètre.....	25
Figure 03 : Un acidimètre	25
Figure 04 : Un lactostar	26
Figure 05 : Une centrifugeuse et un butyromètre.....	27
Figure 06 : Un test Snap ST plus	29
Figure 07 :la lecture des résultats sur le kit Snap.....	29
Figure 08 : Préparation des disques.....	30
Figure 09 : Préparation des milieux	30
Figure 10 : Incubation	30
Figure 11 : Préparation des échantillons(chauffage à 100°C)	31
Figure 12 : Préparation d'une suspension bactérienne	31
Figure 13 : Un spectrophotomètre.....	32
Figure 14 : Placement des disques imbibés du lait et leur incubation.....	32
Figure 15 : Détection des résidus d'antibiotiques par Kit Snap.....	34
Figure 16 : Taux de résidus d'antibiotiques selon la famille	34
Figure 17 : Détection des résidus d'antibiotiques par la méthode de diffusion.....	35
Figure 18 : Apparition des zones d'inhibition	36
Figure 19 : Taux de résidus d'antibiotiques par rapport aux systèmes d'élevages.....	36
Figure 20 : Taux de résidus d'antibiotiques par rapport à l'âge des vaches	36
Figure 21 : Taux de résidus d'antibiotiques par rapport e la texture du lait	37
Figure 22 : Taux de résidus d'antibiotiques par rapport à la couleur du lait	38

La liste des tableaux

Tableau 01: la composition du lait en minéraux.....	04
Tableau 02 : les différents types du lait.....	07
Tableau 03 : les résultats physico-chimiques du lait de vache	33

Les abréviations

- **FIL** : Fédération Internationale du Lait.
- **USDA** : Département de l'agriculture des États-Unis.
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- **µm** : micromètre.
- **TB** : Taux butyreux.
- **Ph** : Potentiel d'hydrogène.
- **nm** : nanomètres :
- **ρl** : la masse volumique du lait
- **m** : la masse du lait
- **v** : le volume du lait
- **m³** : mètre cube.
- **g.ml** : gramme multiplié millilitre.
- **MG** : matière grasses.
- **CE** : Communauté européenne.
- **°D** : Degré Dornic.
- **E** : échantillon.
- **ESD** : Extrait sec des graissées.
- **H⁺** : ion d'hydrogène.
- **NaOH** : Hydrogène de sodium.
- **g/l** : gramme par litre.
- **ISO** : l'Organisation Internationale de Normalisation
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **ATBS** : antibiotiques.
- **ADN** : Acide Désoxy Nucléique.
- **ELISA** : Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay.
- **ARN** : L'acide ribonucléique.
- **β** : bêta.
- **O.I** : organismes interprofessionnels.
- **CTRL** : la ligne de contrôle.
- **HPLC** : chromatographie liquide à haute performance.

- **CPG:** chromatographie en phase gazeuse.
- **CCM:** chromatographie en couche mince.
- **SM:** Spectrométrie de masse.
- **m/z: m:** rapport de masse **z:** nombre de charge .

Résumé

Le lait cru de vache est un aliment de large consommation en Algérie et une matière première essentielle pour la fabrication de certains produits (fromage, yaourt, camembert...). Il est riche en minéraux, protéines, vitamines et matières grasses.

Afin d'éviter les risques liés à la santé publique et les risques d'ordre technologique, le lait cru collecté subit un contrôle immédiat concernant les paramètres physico-chimiques (pH, acidité, densité, matière grasse, extrait sec dégraissé, teneur en protéine et en lactose), et la recherche des résidus d'antibiotiques, notre étude s'inscrit dans cette optique, à savoir la recherche de résidus d'antibiotiques par deux méthodes (la méthode de diffusion et par le kit Snap duo ST) et l'analyse des paramètres physicochimiques.

Les résultats obtenus montrent que les paramètres sont tous conformes aux normes recommandées, à l'exception de la teneur en extrait sec dégraissé, qui est inférieure à la norme AFNOR.

Les résultats ont révélé que les résidus étaient détectés avec un pourcentage minimal de 11,1% selon l'utilisation du kit Snap Duo ST, et de 18,5% selon la méthode de diffusion. Il convient de noter que les bêta-lactamines, qui sont les médicaments vétérinaires les plus fréquemment administrés en élevage bovin, étaient les plus souvent détectés.

Par ailleurs, dans les systèmes d'élevage extensifs, les résidus étaient plus fréquents que dans les systèmes intensifs. De plus, le lait issu des vaches plus âgées (âgées de plus de 4 ans) présentait des taux de résidus plus élevés que les vaches plus jeunes. La couleur du lait ne semblait pas être un facteur déterminant dans la présence d'antimicrobiens mais la détection de résidus pourrait être associée à la présence de grumeaux.

Par conséquent, il est crucial de mettre en place une surveillance, de respecter les délais d'attente, et de surveiller de manière approfondie les risques et les résidus. Ceci est essentiel pour assurer la sécurité des produits d'origine animale et pour préserver la confiance des consommateurs.

Mots clés : résidus d'antibiotiques, élevage bovin, lait, antibiotiques.

Abstra

Raw cow milk is widely consumed in Algeria and is an essential raw material for the manufacture of certain products (cheese, yoghurt, Camembert, etc.) It is rich in minerals, proteins, vitamins and fats.

In order to avoid public health and technological risks, collected raw milk is immediately checked for physico-chemical parameters (ph, acidity, density, fat content, fat-free dry extract, protein and lactose content), and for antibiotic residues. Our study is in line with this approach, namely the detection of antibiotic residues by two methods (the diffusion method and the Snap duo ST kit) and the analysis of physico-chemical parameters.

The results obtained show that all parameters comply with recommended standards, with the exception of fat-free dry extract content, which is below the AFNOR standard.

The results showed that residues were detected with a minimum percentage of 11.1% using the Snap Duo ST kit, and 18.5% using the diffusion method. It should be noted that beta-lactam antibiotics, which are the most frequently administered veterinary drugs in cattle farming, were the most frequently detected.

Moreover, in extensive farming systems, residues were more frequent than in intensive systems. In addition, milk from older cows (over 4 years old) had higher residue levels than younger cows. Milk color did not appear to be a determining factor in the presence of antimicrobials, but the detection of residues could be associated with the presence of lumps.

Therefore, it is crucial to implement surveillance, meet withdrawal times, and thoroughly monitor risks and residues. This is essential to ensure the safety of products of animal origin and to maintain consumer confidence.

Key words: antibiotic residues, cattle farming, milk, antibiotics.

موجز

حليب البقر النقي هو طعام مستهلك على نطاق واسع في الجزائر ومادة خام أساسية لتصنيع بعض المنتجات (الجبن واللبن والكاممبرت وما إلى ذلك). إنه غني بالمعادن والبروتينات والفيتامينات والدهون.

من أجل تجنب المخاطر المتعلقة بالصحة العامة والمخاطر التكنولوجية، يخضع الحليب الخام الذي يتم جمعه لرقابة فورية فيما يتعلق بالبارامترات الفيزيائية الكيميائية (pH، الحموضة، الكثافة، الدهون، المستخلص الجاف، محتوى البروتين واللاكتوز)، والبحث عن بقايا المضادات الحيوية، فإن دراستنا جزء من هذا المنظور، أي البحث عن بقايا المضادات الحيوية بطريقتين (طريقة الانتشار وبواسطة مجموعة Snap duo ST) وتحليل البارامترات الفيزيائية الكيميائية.

وتبين النتائج التي تم الحصول عليها أن جميع البارامترات تتفق مع المعايير الموصى بها، باستثناء المحتوى المنحدر من المستخلص الجاف، وهو أقل من معيار AFNOR.

كشفت النتائج أنه تم اكتشاف مخلفات بنسبة 11.1% كحد أدنى وفقاً لاستخدام مجموعة Snap Duo ST، و18.5% وفقاً لطريقة الانتشار. وتجدر الإشارة إلى أن بيتا لاكتام، وهي أكثر العقاقير البيطرية التي يتم تناولها في الماشية، تم اكتشافها في أغلب الأحيان.

علاوة على ذلك، في نظم التربية الواسعة، كانت المخلفات أكثر تواتراً من النظم المكثفة. بالإضافة إلى ذلك، كان للحليب من الأبقار الأكبر سناً (أكبر من 4 سنوات) معدلات بقايا أعلى من الأبقار الأصغر سناً. لا يبدو أن لون الحليب عامل حاسم في وجود مضادات الميكروبات، ولكن قد يرتبط اكتشاف البقايا بوجود كتل.

لذلك، من الأهمية بمكان وضع الرصد، ومواجهة أوقات الانتظار، والرصد الشامل للمخاطر والمخلفات. هذا ضروري لضمان سلامة المنتجات الحيوانية والحفاظ على ثقة المستهلك.

الكلمات الرئيسية: بقايا المضادات الحيوية، تربية الماشية، الحليب، المضادات الحيوية.

L'Algérie est connue pour sa tradition laitière profondément enracinée. Le lait et les produits laitiers jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des algériens, constituant la principale source de protéines animales. En plus d'être riche en énergie métabolisable, le lait est également fortement concentré en nutriments (**GHAOUES, 2011**).

D'après **JENTET *et al* (2008)**, le lait par ses grandes qualités nutritionnelles a toujours été considéré comme un aliment à part entière mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité et de l'irrégularité de sa production compte tenu de son caractère saisonnier. Il est donc également une matière première dont la transformation va générer une très large palette de produits d'intérêt nutritionnel et sensoriel.

Les antibiotiques sont employés dans de nombreux domaines comme principal moyen de lutte contre les infections bactériennes, en particulier en médecine humaine mais également en médecine vétérinaire (**GAOUAR *et al.*, 2021**).

Par ailleurs, le lait peut être impliqué dans plusieurs problèmes sanitaires, notamment la contamination chimique, due aux résidus de médicaments vétérinaires. Ces dernières sont utilisées dans les systèmes d'élevage en prophylaxie comme facteurs de croissance des animaux (**MENSAH *et al.*, 2014**). Et pour cela, il existe plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour détecter leur présence comme les tests microbiologiques et immunologiques ...etc.

L'objectif de ce travail est d'évaluer d'une part les qualités physico-chimiques du lait de vache issus de quelques régions de la wilaya de Tizi Ouzou, et d'autre part la présence des résidus d'antibiotiques dans ce dernier.

Chapitre 01

Généralité sur le lait

I. Généralité sur le lait

1. Définition du lait

Le congrès international de la répression des fraudes en 1909 a définie : « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (LUQUET, 1990).

Le lait est une substance blanchâtre et opaque produite par les glandes mammaires des mammifères liquides femelles. C'est un aliment naturellement nutritif et complet destiné à nourrir les nourrissons et il est également consommé par les êtres humains. Le lait secrété dans les premiers jours après la parturition s'appelle le colostrum (VILAIN, 2010).

Selon JEANTET *et al.* (2008), le lait doit être collecté dans des conditions hygiéniques requises et doit répondre à toutes les exigences sanitaires. Le lait est souvent consommé frais ou transformé en divers produits laitiers.

2. La composition du lait

Selon AMIOT *et al.* (2002), le lait est un complexe constitué d'une solution vraie, d'une solution colloïdale et d'une émulsion. Le tableau (01) montre la dimension approximative et l'état physicochimique de chacun des constituants solides majeurs du lait.

2.1. Eau

D'après AMIOT *et al.* (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. la présence de doubles d'électrons libres et d'un dipôle lui confère un caractère polaire.

Il représente 81% à 87% de volume du lait selon la race et se trouve en deux formes : libre (99% de la totalité) et lié à la matière sèche (1% de la totalité) (RAMET, 1985).

2.2. La matière grasse

La matière grasse (MG) est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10.10⁻⁶ m, elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et 35% d'acides gras insaturés. La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait (JEANTET *et al.*, 2008).

La matière grasse du lait est donc un mélange très complexe pour l'essentiel de triglycérides et secondairement de diglycérides, lipides complexes et substances liposolubles insaponifiables. Sa teneur ou taux butyreux (TB) est le nombre de grammes de substances dans un kilogramme ou un litre de lait (POUGHEON et GOURSAUD, 2001)

2.3. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (**AMIOT *et al.*, 2002**).

Les protéines du lait sont classiquement réparties en deux groupes : les protéines du lactosérum et les caséines, leur séparation reposait classiquement sur leur différence de solubilité à PH acide (**LEORIL *et al.*, 2001**).

2.4. Les caséine

La caséine ou caséum est une substance blanche formée d'hydrogène, d'oxygène, de carbone et d'environ 16p 100 d'azote (**LARBALETRIER, 2015**).

La caséine est une protéine spécifique du lait dans la mesure où elle est synthétisée dans la glande mammaire. Les quatre caséines du lait (as1, as2, B, K) se distinguent les unes des autres par voie de conséquence par leurs propriétés physicochimiques et par leur composition en acide aminés , les micelles de caséine du lait bovin ont un diamètre moyen d'environ 182 nm et contiennent 92% de protéines et 8% de sels inorganiques, principalement le phosphate de calcium(**LEORIL *et al.*, 2001**).

2.5. Les protéines du lactosérum

Elles représentent 15 à 28 %des protéines du lait de vache et 17% des matières azotés. Elles demeurent en solution dans le « sérum isoélectrique » obtenu à PH= 4,6 à 20°C ou dans le sérum présure exsudé par le coagulum formé lors de l'emprésurage (**POUGHEON et GOURSAND, 2001**).

2.6. Les glucides

Selon **POUGHEON et GOUSAUD (2001)**, les glucides sont essentiellement représentés dans le lait par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours très faible)

Cependant, le lait contient deux types de glucides :

- Les glucides combinés en glycoprotéines et non dialysables ;
- Les glucides libres et dialysables (oligoholosides).

Le lactose est l'hydrate de carbone, ou le glucide, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40%des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le galactose et le glucose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines (**AMIOT *et al.*, 2002**).

2.7. Les minéraux

Les minéraux sont contenus en assez faibles proportions dans le lait ; on les désigne quelquefois dans les comptes rendus d'analyses sous la rubrique cendres (LARBALETRIER, 2015).

Selon AMIOT *et al.* (2002), les minéraux contenus dans le lait après incinération varient de 0,60 à 0,90%. Ils prennent plusieurs formes ; ce sont le plus souvent des bases, des acides, des sels. Le tableau (01) indique la composition du lait en minéraux.

Tableau 01 : composition du lait en minéraux (AMIOT *et al.*, 2002)

Minéraux	Teneur (mg/kg)	Minéraux	Teneur (mg/kg)
Sodium (Na)	445	Calcium (Ca)	1180
Magnésium (Mg)	105	Fer (Fe)	0,50
Phosphore (P)	896	Cuivre(Cu)	0,10
Chlore (Cl)	958	Zinc (Zn)	3,80
Potassium	15000	Iode (I)	0,28

2.8. Les vitamines

Selon AMIOT *et al.* (2002), la vitamine est une substance biologiquement indispensable à la vie puisqu'elle participe comme cofacteur dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires.

On distingue d'une part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) et d'autre part les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) en quantités constantes (JEANTET *et al.*, 2008).

2.9. Les enzymes

Selon POUGHEON et GOURSAUD (2001), les enzymes sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Cependant, environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait, dont 20 sont des constituants natifs, une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (bactéries, leucocytes) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile.

3. Les propriétés organoleptiques du lait

La qualité organoleptique englobe les caractéristiques suivantes : couleur, saveur et odeur (FREDOT, 2005).

3.1. Couleur

D'après FREDOT(2005), le lait est de couleur blanc mat, résulte de la diffusion de la lumière par ses particules et de la présence de pigments parmi ces constituants (MATHIEU, 1998)

3.2. Saveur

Le lait normal frais a une saveur agréable. Celle du lait acidifié est un peu piquante et caractérisée par une meilleure fraîcheur. Les laits chauffés (stérilisés, bouillis ainsi pasteurisés) ont un goût légèrement différent de celui de lait cru. Les laits de mammites et de rétention ont une saveur salée plus ou moins accentuée .L'alimentation laitière peut transmettre au lait une saveur anormale en particulier un goût amère. Ce dernier peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (THIEULIN et VUILLAUME, 1967).

3.3. Odeur

Selon VIERLING(2003), le lait est caractérisé par une odeur du fait de la matière grasse qu'il contient, fixe des odeurs de l'animale. Elle est liée à l'ambiance de l'alimentation et à la traite. Durant la conservation, le lait a une odeur aigre due à l'acidification par l'acide lactique.

4. Les propriétés physico-chimiques de lait

Les propriétés physico-chimiques du lait sont déterminantes dans l'optimisation des procédés développés pour leur transformation et leur stabilisation (CROGUENNEC *et al*, 2008).

4.1. La masse volumique

Selon CROGUENNEC *et al*. (2008), La masse volumique du lait (ρ_l , kg.m^{-3}) est le rapport de sa masse (m_l , kg) sur son volume (v_l, m^3) : $\rho_l = m_l/v_l$

La masse volumique du lait est fonction de sa composition, elle varie avec le taux butyreux et la teneur en matière sèche dégraissée c'est-à-dire elle augmente avec sa richesse en matière sèche dégraissée et diminue lorsque s'accroît son taux butyreux, elle est proche à celle de l'eau 1 g.ml^{-1} (MATHIEU, 1998).

4.2. Le pH

Selon **CROGUENNEC *et al.* (2008)**, le lait frais à 20°C a un PH qui varie entre 6,6 et 6,8 et plus proche de 6,6 immédiatement après la traite. Cependant, il augmente légèrement dans les heures suivantes par diminution de la quantité du dioxyde de carbone dissout dans la phase aqueuse du lait.

4.3. La Densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. Elle varie selon le taux de matière sèche et de matière grasse, plus le pourcentage de matière grasse dans le lait est élevé, plus sa densité est faible. La densité du lait est comprise entre 1,028 et 1,037 (**POINTURIER, 2003**).

4.4. L'acidité titrable

La mesure d'acidité est un indicateur de l'activité des bactéries lactiques à la sortie de la mamelle, le lait sain a une acidité naturelle comprise entre 15-20°D (**DUBEZ, 2002**).

4.5. Le point de congélation

D'après **MATHIEU(1998)**, Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes.

Selon **CROGUENNEC *et al.* (2008)**, le lait de vache, le point de congélation est environ égal à -0,53°C, il est utilisé pour déterminer une modification du lait (mouillage, hydrolyse du lactose, etc.)

Tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leur quantité entraînent un changement du point de congélation (**MATHIEU, 1998**).

4.6. Le point d'ébullition

Selon **HIDJO *et al* (2018)**, le point d'ébullition est la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la solution ou de substance est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition du lait se situe généralement entre 100°C et 105 °C.

5. Les différents types du lait

Selon **JEANTET *et al* (2008)**, l'évolution des processus technologiques des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de "laits de consommation" qui se distinguent par leur qualité nutritionnelle, organoleptique, leur durée de conservation et leur composition. Ils peuvent être classés en deux catégories :

- Lait traités thermiquement ;
- Lait cru non traités thermiquement.

5.1. Lait frais

Le lait frais est du lait qui n'a pas été traité thermiquement afin de prolonger sa durée de conservation. Il s'agit donc d'un lait qui n'a pas été pasteurisé ni stérilisé. Cependant, il peut provenir de divers animaux, mais il est le plus souvent obtenu à partir de vaches. Le lait frais a une durée de conservation relativement courte par rapport au lait pasteurisé ou stérilisé, car il peut se gâter plus rapidement en raison de la présence de bactéries naturelles et de micro-organismes qui ne sont pas éliminés par le traitement thermique. Le lait frais est souvent considéré comme étant plus riche en nutriments que le lait traité thermiquement (GELINAS, 2006).

5.2. Autres types du lait

Le tableau ci-dessous résume les différents types du lait

Tableau02 : Les différents types du lait

Les laits traités thermiquement	
Lait pasteurisé (JENTET <i>et al.</i> , 2008)	Lait stérilisé (LUQUET, 1990)
<ul style="list-style-type: none">• Une pasteurisation à une température 72°c à 75°c pendant 15 à 20 secondes ;• Une destruction de toutes les formes végétatives des microorganismes pathogènes du lait.	<ul style="list-style-type: none">• Une stérilisation à une température 100° c – 120° c pendant 20 minutes ;• Une destruction des enzymes et les microorganismes pathogènes.

II. Le lait au niveau de la ferme

1. Les conditions d'hygiène

Les systèmes d'élevage laitier du monde entier doivent protéger la santé humaine et la santé animale. Les bonnes pratiques d'élevage laitier garantissent que le lait produit est de haute qualité provenant d'animaux sains et de manière durable et responsable (FAO et FIL, 2012).

1.1. La santé des animaux

La mauvaise santé animale est l'une des contraintes les plus importantes entraînant une baisse de la productivité et des pertes importantes dans les troupeaux laitiers du monde entier.

Selon **DR .RACIOT et Dr. VAILLANCOUR** des protocoles de nettoyage et de désinfection doivent être suivis pour maximiser la biosécurité de l'installation, qu'il s'agisse de bâtiments, d'équipements ou de véhicules.

Les bonnes pratiques en production laitière conseillées pour produire du lait de qualité provenant d'animaux en bonne santé selon **FAO et FIL, 2012** :

- Choisir des races bien adaptées à l'environnement local et système de production ;
- Mettre en place un programme efficace de gestion de la santé du troupeau ;
- Empêcher l'introduction de maladies dans la ferme ;
- Vaccination des troupeaux et utiliser des médicaments prescrits par un vétérinaire ;
- Utilisation d'un système d'identification qui permet d'identifier chaque animal de sa naissance à sa mort ;
- Séparation des bovins malades et traités.

2. La traite

La traite est une opération qui consiste à extraire le lait contenu dans la mamelle. C'est une opération essentielle qui assure à la fois le maintien de la bonne santé de la mamelle, la qualité et la quantité du lait obtenu (**GOURSAUD, 1985**), généralement se fait deux fois par jour. Sa réalisation dans de mauvaises conditions, peut entraîner une baisse de production et des accidents sanitaires, on distingue deux types de la traite :

2.1. La traite manuelle

La traite manuelle est la méthode traditionnelle de traite des vaches laitières qui est encore utilisée dans de nombreuses fermes, elle est effectuée par des personnes qui ont l'habitude de le faire tous les jours. Les vaches sont stimulées rapidement par le simple fait d'entendre les sons familiers de la préparation de la traite, ce qui facilite le processus de la traite (**GOURSAUD, 1985**),

2.2. La traite mécanique

La traite mécanique est une méthode moderne de traite du lait qui utilise des machines pour extraire le lait des mamelles de la vache, elle est utilisée dans les grandes et les moyennes exploitations laitières. Cette méthode est plus rapide et plus efficace que celle manuelle, ce qui permet aux producteurs du lait d'augmenter leur production et leur rentabilité (**GOURSAUD, 1985**),

Les consommateurs exigent que la qualité du lait soit conforme, la gestion de la traite vise à réduire tous types de contamination. Cela doit être fait rapidement et efficacement tout

en garantissant la santé des animaux et la qualité du lait (FAO et FIL, 2012). Pour cela faut suivre ces étapes afin de la réaliser dans de bonnes conditions :

- Identification des vaches qui ont besoin d'une traite avant la traite en les stimulants pour favoriser l'écoulement du lait et séparer celles qui sont malade ;
- Tirer les premiers jets dans un bol à fond noir pour percevoir plus facilement les grumeaux, les filaments et l'aspect aqueux du lait, dans le but de stimuler l'écoulement du lait ainsi la détection des premiers signes de mammite;
- Nettoyage des trayons pour éviter toutes contaminations, une désinfection par pré-trempe (le produit doit être en contact avec les trayons durant 30 secondes. Seuls les trayons doivent être mouillés puis soigneusement essuyés avec une serviette sèche) ;
- Placement des trayeuses doit être entre 60 à 90 secondes (maximum 2 minutes) après le début de la stimulation ;
- Vérification de l'attachement de la machine à traire à la mamelle. Les manches doivent être alignées verticalement et corriger rapidement une position trop haute ou un manchon glissé;
- La traite complète peut durer environ 5 minutes par vache, il est important de surveiller l'écoulement ou utiliser des indicateurs de débit de lait pour déterminer le moment idéal d'arrêt de la traite ;
- Décrochage de la machine à traire soit manuellement ou automatique, il est conseillé d'utiliser décrochage automatique pour réduire le stress pour les vaches ;
- Désinfection après la traite, tremper tout les trayons dans une solution désinfectante ;

Après la traite il est recommandé de laisser les vaches se reposer pendant au moins 30 minutes jusqu'à ce que le sphincter du trayon se ferme. Cela permettra de réduire le risque de la mammite liée à la litière. Le lait cru doit être réfrigéré immédiatement (environ 4°C) pour limiter la croissance des micro-organismes et préserver sa qualité (FAO et FIL, 2012).

3. La collecte du lait

La collecte du lait est un processus par lequel le lait cru est transportés depuis le producteur aux lieux de traitement et de transformation. Cela peut se faire de plusieurs façons, selon la taille d'exploitation et la disponibilité des équipements. Le lait est un produit sensible, son transport et sa manipulation peuvent affecter sa qualité. Il doit être conservé à une température appropriée pour éviter toutes contaminations, si le ramassage est retardé, cela peut augmenter les risques de contamination et la détérioration du produit (CHARRON, 1986)

Selon **CHARRON (1986)**, il est donc important de prendre des mesures appropriées pour assurer un transport sur et efficace du lait de la ferme à la laiterie :

- La manipulation du lait doit être faite correctement pour limiter le risque de contamination ;
- Refroidissement du lait juste après la traite (environ 4°C) ;
- la chaîne de froid doit être ininterrompue ;
- les camions citernes réfrigères doivent être équipés d'un système de remplissage et de vidange hermétique pour minimiser le risque de contamination par l'air ambiant ;
- le chargement et déchargement s'effectue par tuyau pour transférer le produit entre les réservoirs du camion et les réservoirs du stockage de la ferme ou de la laiterie ;
- Réfrigérer et stocker le lait dans des conditions hygiéniques ;
- Nettoyage des équipements après chaque collecte.

III. Le lait au niveau de l'industrie

1. Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques du lait sont effectuées dans une laiterie pour contrôler la qualité du lait et s'assurer qu'il est conforme. Ces analyses permettent de mesurer les caractéristiques physico-chimiques du lait : la densité, l'acidité, pH, test d'ébullition, la teneur en matière grasse, teneur en matière sèche.

1.1. La densité

La mesure de la densité s'effectue à l'aide d'un thermo-lactodensimètre qui nous donne à la fois la température et la densité de l'échantillon, les mesures de densité doivent être effectuées à une température de 20°C (**POINTURIER, 2003**). La densité du lait varie entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. Celle des laits écrémés est supérieure à 1,035 (**LABIOUI et al., 2008**).

1.2. Acidité

L'acidité titrable du lait correspond à la titration par l'hydroxyde de sodium en présence de phénol phtaléine comme indicateur colorée. Cette méthode permet de déterminer la quantité d'acides présent dans le lait déterminant la quantité d'hydroxyde de sodium nécessaire pour neutraliser ces acides. Le point où tous les acides ont été neutralisés est indiqué par le changement de couleur du mélange en rose pâle grâce à la présence de phénolphtaléine

(**FANNI et NOVAK, 1987**). L'acidité titrable est exprimée en «degré Dornic » (°D). Elle est comprise entre 15°D et 18°D (**HOGAN et al., 1999**).

D'après **KOPACZEWSKI (1948)**, acidité est une mesure importante dans industrie laitière car elle peut être utilisée pour évaluer la qualité et la fraîcheur du lait, détecter les changements dans sa composition chimique, ainsi pour évaluer les performances des processus de production et de transformation du lait. Elle permet de juger l'état de conservation du lait.

1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH représente l'acidité du produit à un moment donné. On le mesure habituellement à l'aide d'un pH-mètre. Cette méthode repose sur l'utilisation d'une électrode de verre spéciale, qui est plongée dans le lait pour mesurer le niveau de l'acidité. Une différence de potentiel électrique se produit entre les ions H⁺ de la solution dans l'électrode et les ions H⁺ présents dans le lait, cette différence de potentiel est ensuite convertie en une valeur de pH par le pH mètre. La lecture de la valeur du pH est effectuée en attendant jusqu'à la stabilité de l'affichage sur l'écran du pH mètre. Le pH du lait de vache fraîchement trait est légèrement acide, compris entre 6,6 et 6,8. (**AMIOT et al., 2002**).

1.4. Test d'ébullition

Le test d'ébullition du lait est une méthode utilisée pour vérifier si le lait est altéré. Son objectif est de détecter la présence de substances non désirées dans le lait .Si le lait est normal, le liquide reste homogène après quelques instants d'ébullition et au refroidissement il se forme en surface une pellicule blanche, plissée (formée principalement de carbonates de calcium, de protéines et de matière grasse). Les laits riches en albumine (colostrum des quelques jours qui suivent le vêlage et d'une manière générale, les laits normaux caractérisés), ainsi que les laits acidifiés (au-dessus de 25 °D) coagule par ébullition (**THIEULIN et VUILLAUNE, 1967**).

1.5. La teneur en matière grasse

La détermination de la teneur en matière grasse du lait est effectuée à l'aide de la méthode de Gerber, qui est une technique couramment utilisée pour vérifier la standardisation du taux de matière grasse du lait. Elle est basée à l'utilisation d'un butyromètre, dissolution des protéines par ajout d'acide sulfurique, puis séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre. La lecture se fait directement sur l'échelle graduée du butyromètre et le résultat est exprimé en g/l (**ISO et FIL, 2018**).

1.6. La teneur en matière sèche

La matière sèche du lait est le produit résultant de la dessiccation par évaporation d'une certaine quantité de lait. Elle est exprimée en pourcentage par rapport au poids de l'échantillon.

La détermination de la teneur en matières sèches du lait est effectuée en utilisant la méthode de dessiccation gravimétrique. Cette méthode est basée sur la dessiccation de l'échantillon de lait dans une étuve isothermique ventilée à une température de 103 °C (ou 105 °C) et à pression atmosphérique, jusqu'à l'obtention d'une masse constante (**AFNOR, 1985**).

Chapitre 02

Les antibiotiques

I. Les maladies infectieuses de la vache

Les maladies infectieuses sont un problème majeur dans les élevages de bovins laitiers. Elles peuvent être causées par une grande variété d'agents pathogènes : des bactéries, des virus ou des parasites, car elles peuvent non seulement affecter la santé des vaches, mais aussi avoir un impact sur la qualité et la sécurité du lait, ce qui peut entraîner des conséquences graves pour la santé publique (RUEGG, 2017).

La mammite est la maladie la plus courante chez les vaches laitières et elle peut avoir des effets néfastes sur la santé animale, la production laitière, la qualité du lait et la rentabilité de l'exploitation laitière (RUEGG, 2017).

La gravité de l'infection et des symptômes associés peut varier d'une vache à l'autre. Les vaches plus âgées, les vaches ayant une production laitière élevée et celles dont le système immunitaire affaibli sont plus susceptibles de présenter des mammites sévères (BURVENICH et al, 2003).

1. Traitements

Le traitement repose généralement sur l'utilisation des antibiotiques spécifiques, qui doivent être prescrits par un vétérinaire. Il est indispensable d'utiliser un antibiogramme, un test de sensibilité thérapeutique pour identifier les bactéries qui ont causées l'infection. Cela permet de sélectionner le traitement le plus efficace. Les antibiotiques les plus couramment utilisés pour traiter ces mammites sont les pénicillines, les céphalosporines et les tétracyclines (LAVIGNE & RIEGEL, 2015).

II. Les antibiotiques

1. Définition

Selon OMS, les antibiotiques (Atbs) sont des médicaments utilisés pour traiter et prévenir les infections bactériennes. Cependant leur utilisation excessive peut entraîner une résistance chez les bactéries qui peuvent causer des infections plus difficiles à traiter que celles dues à des bactéries non résistantes.

Les Atbs sont des substances chimiques, naturelles ou synthétiques, qui ont un effet spécifique sur les micro-organismes, qui peuvent les inhiber ou les tuer d'une manière ciblée.

Lorsque ces molécules peuvent les tuer, on parle de bactéricides et lorsqu'elles empêchent leurs proliférations dites bactériostatiques (**ANONYME 2**).

Les antibiotiques sont divisés en familles, leurs modes d'action varient et dépendent de la famille d'antibiotiques considérée. **CHEMELLE (2010)** indique qu'il est possible de distinguer les antibiotiques agissant sur la paroi bactérienne, la membrane cellulaire, l'ADN et le ribosome bactérien.

2. Classification des antibiotiques

Les ATBS sont des substances utilisées pour lutter contre les infections bactériennes, qui peuvent être présents dans le lait en raison de leur utilisation pour traiter les infections chez les vaches laitières. Le classement en fonction de ce dernier nous permet de différencier plusieurs familles d'antibiotiques (**YALAA et al., 2001**). Citant les plus fréquemment détectés dans le lait :

2.1. Les bêta-lactamines

Les β -lactamines représentent l'une des plus grandes familles des antibiotiques, comprennent plusieurs types (les pénicillines, les céphalosporines, les carbapénèmes et monobactames) (**CHEMELLE, 2010**).

Les pénicillines et les céphalosporines sont parmi les β -lactamines les plus fréquemment détectés dans le lait. Elles sont efficaces contre de nombreuses infections bactériennes. Elles empêchent la croissance bactérienne en inhibant la synthèse de leurs parois cellulaires en se fixant sur les protéines liant les pénicillines (PLP). Elles sont pénétrées à travers la paroi cellulaire de la bactérie. Dans le cas des bactéries à Gram positif, elles peuvent se fixer directement sans difficulté. En revanche, pour les bactéries Gram négatives, les β -lactamines sont des molécules hydrosolubles, ce qui signifie qu'elles doivent traverser les porines, qui sont des canaux dans la membrane externe des bactéries Gram négatives, pour entrer dans la cellule. Une fois à l'intérieur, elles se fixent sur les PLP. Lorsque les β -lactamines se fixent sur les PLP, elles entraînent un arrêt de la synthèse du peptidoglycane, ce qui entraîne une inhibition de la croissance bactérienne et conduit à l'éclatement de la bactérie (bactéricide). (**WEINTRAUB, 2003 ; KHALID EI AZIMANI, 1995**).

2.2. Les macrolides

Les macrolides sont une classe de médicaments utilisés pour gérer et traiter diverses infections bactériennes. Ils se lient à la sous-unité ribosomale 50S des ribosomes bactériens, en empêchant la libération de la chaîne polypeptidique, ce qui conduit à un arrêt de la synthèse des protéines bactériennes. Cette inhibition de la synthèse protéique entraîne une accumulation de protéines incomplètes ou anormales, ce qui perturbe leur fonctionnement cellulaire et inhibe leur croissance. Cela permet au système immunitaire de l'hôte de mieux éliminer les bactéries infectieuses (**PARTH et al., 2022**).

Les macrolides sont considérés comme des agents bactériostatiques car ils inhibent uniquement la synthèse des protéines, mais à des doses élevées, ils peuvent également avoir des effets bactéricides, entraînant la mort des bactéries (**PARTH et al., 2022**).

2.3. Les tétracyclines

Les tétracyclines sont des inhibiteurs de la phase d'élongation de la synthèse protéique, en se liant à la sous-unité 30S du ribosome bactérien. Cette liaison empêche l'association de l'ARN de transfert avec le complexe ribosome-messager, bloquant ainsi l'étape de l'allongement de la traduction des protéines et la formation de protéines incomplètes ou non fonctionnelles. Grâce à l'action combinée des tétracyclines et du système immunitaire de l'hôte, permet au système immunitaire de l'hôte de mieux reconnaître et éliminer les bactéries infectieuses (**SMILACK, 1999**).

2.4. Les sulfamides

Les sulfamides sont des antibiotiques synthétiques qui agissent en inhibant la biosynthèse des acides foliques bactériens. Ils se lient à l'enzyme dihydroptéroate synthétase (DHPS). Cette liaison empêche la conversion de l'acide para-aminobenzoïque (PABA) en acide dihydroptéroïque, un précurseur essentiel à la synthèse des acides foliques, ce qui bloque la production des acides nucléiques nécessaires à la croissance bactérienne. Les sulfamides ralentissent la multiplication des bactéries, ce qui permet au système immunitaire de mieux cibler et éliminer les bactéries infectieuses soit par phagocytose, soit par la production des anticorps (**Dr MYAD A, 2019**).

III. Les problèmes des résidus d'antibiotiques sur la santé humaine

Les résidus des médicaments vétérinaires sont toutes substances pharmacologiquement actives, qu'il s'agisse de principes actifs, d'excipients ou de produit de dégradation, et leurs métabolites restant dans des denrées alimentaires obtenues à partir d'animaux auxquels le médicament vétérinaire en question a été administré. Cependant, les résidus d'antibiotiques présents dans les denrées alimentaires d'origine animale sont les traces indésirables de traitements médicamenteux antibiotiques susceptibles de nuire à la santé humaine. Il peut s'agir de métabolites, de composés souches, et des impuretés associées au médicament (CHATAIGNER, 2004).

1. Les problèmes allergiques

La présence des résidus d'antibiotiques dans l'alimentation humaine peut provoquer des réactions allergiques chez les personnes sensibles. Les réactions peuvent varier en gravité d'une personne à l'autre et que certaines personnes peuvent être plus sensibles que d'autres aux résidus d'antibiotiques dans le lait (GAUDIN, 2016).

Certains individus peuvent développer des réactions allergiques graves, telles que des éruptions cutanées, un gonflement du visage, des lèvres, de la langue ou de la gorge, des difficultés respiratoires. Ces réactions peuvent survenir en raison d'une sensibilité spécifique à un antibiotique présent dans le lait (GAUDIN, 2016).

En cas d'allergie médicamenteuse chez un patient, le choix d'un antibiotique doit être fait avec précaution. Les allergies aux pénicillines sont les plus courantes et augmentent le risque de réaction allergique à d'autres antibiotiques. Les allergies aux céphalosporines et aux sulfamides sont également signalées, mais moins fréquentes. Les allergies aux macrolides, fluoroquinolones, aminoglycosides et vancomycine sont plus rares. Les réactions allergiques post-antibiotiques résultent d'une réaction immunologique à une molécule déterminée. Il existe divers mécanismes d'hypersensibilité qui se manifesteront sous la forme d'une constellation de signes et de symptômes qui nous permettront de les détecter cliniquement (Paradis et des Roches, 2009).

2. Les problèmes toxiques

2.1. La toxicité directe

La toxicité directe des résidus d'antibiotiques est relativement difficile à démontrer puisqu'il s'agit généralement d'une toxicité chronique. Cette dernière est exprimée seulement après une consommation d'aliments contenant des résidus du même antibiotique. Certaines scientifiques suggèrent alors qu'il pourrait y avoir une toxicité hépatique (JEON *et al*, 2008).

En ce qui concerne les pénicillines, les experts concluent que " les effets toxiques ne peuvent se manifester qu'à des doses extrêmement élevées" (MILHAUD et PERSON, 1981).

La tétracycline est plus dangereuse parce qu'après absorption digestive, elle se fixe dans le système nerveux et dans le tissu osseux. Ces substances sont essentiellement toxiques pour le nourrisson et le fœtus dans lesquels elles déterminent les troubles nerveux par hypertension intracrânienne, des troubles de croissance et des troubles dentaires en raison de leur capacité à rendre le calcium plus complexe (ECKHOUTTE, 1978).

2.2. Risque cancérigène

Les résidus de ces antibiotiques peuvent avoir des effets cancérigènes à long terme tels que cancer de la vessie et cancer du colon, après la consommation régulière de denrées alimentaires contenant ces résidus. Ces risques liés aux résidus d'antibiotiques dépendent de la quantité consommée, de la durée d'exposition, de la sensibilité individuelle et d'autres facteurs liés à la santé (STOLTZ, 2008).

Les antibiotiques ou composés utilisés en tant qu'antibiotiques, tels que les nitrofuranes, les nitroimidazoles et le chloramphénicol, sont interdits pour une utilisation chez les animaux d'élevage (STOLTZ, 2008).

3. Les problèmes antibiorésistance

La résistance croissante aux antibiotiques constitue un problème de santé publique majeur à la fois pour la santé humaine. L'objectif principal de surveiller l'antibiorésistance est de suivre l'évolution de la capacité des bactéries pathogènes animales à résister aux antibiotiques. La surveillance de l'antibiorésistance revêt une importance cruciale car elle permet de détecter les bactéries les plus résistantes et de mesurer l'évolution de ce phénomène (GAY *et al*, 2008).

Selon l'**Organisation Mondiale de la santé (OMS)**, une résistance à un antibiotique apparaît lorsqu'une bactérie ne réagit pas de la même façon lors de l'utilisation d'antibiotiques prescrits pour traiter des infections bactériennes (infections pneumonie, urinaires, sanguines) et qu'ils deviennent alors inefficaces (**VINCENT et MAUD, 2021**).

La résistance aux antibiotiques pourrait entraîner plusieurs problèmes

- Des infections plus graves et plus durables ;
- Perturbation de la flore intestinale normale.

IV. Les méthodes de détection des résidus d'antibiotiques

La détection des résidus d'antibiotiques dans les aliments est donc un enjeu important pour garantir la sécurité alimentaire. Il existe divers méthodes de détection des résidus d'antibiotiques, notamment les méthodes microbiologique, enzymatiques, immuno-enzymatiques, chromatographiques et spectrométriques.

1. Les méthodes microbiologiques

1.1. La méthode de diffusion

Il existe différentes méthodes pour déterminer la sensibilité d'une bactérie à un ou plusieurs antibiotiques. la méthode de diffusion est une technique la plus utilisée consiste sur la diffusion des antibiotiques à partir d'un disque imprégné de lait, sur une gélose Mueller Hintonensemencée par *Bacillus stearothermophilus*, après incubation, une zone d'inhibition apparaît autour du disque. Cette méthode est caractérisée pour la recherche de la pénicilline, tétracycline, l'auréomycine et d'autres antibiotiques (**BILLON et SENG HUOR TAO, 1979**).

1.2. Test Delvo test

Selon **BILLON et HUOR TAO(1979)**, Delvo test est une méthode microbiologique consiste également sur l'inhibition du développement de la souche "Bacillus Stearotherophilus" se traduisant par l'absence d'acidification relevée par un indicateur coloré dans un milieu gélose placé en ampoule, cette technique assure une détection satisfaisante des antibiotiques (pénicilline, tétracycline...).

1.3. Copan test

Selon les **organismes interprofessionnels (O.I.)**, le copan Milk est un test inhibiteur microbiologique d'une durée d'incubation de 3 heures. Cependant, les épreuves de confirmation ont pour but d'empêcher que la présence d'inhibiteurs naturels dans le lait n'entraîne une pénalisation de l'éleveur concerné(par exemple, teneur accrue en lactoferrine ou en lysozyme), ainsi de faire à l'aide de la pénicillinase ou B-lactamase une distinction entre les résidus provenant du groupe des B-lactames (céphalosporines et pénicillines) ou d'autres inhibiteurs par exemple, les tétracyclines, les sulfamides, et de corriger par une dilution l'hypersensibilité du test de screening microbiologique a la plupart des composés du groupe des B-lactames.

2. Les méthodes enzymatiques

2.1. Penzym

Le Penzym test est un test rapide et sensible utilisé pour la détection des résidus d'antibiotiques dans le lait. Il est basé sur l'inhibition de la production d'enzymes par les bactéries lactiques dans le lait en présence d'antibiotiques (**EL KHOURY *et al*, 2017**).

Le test Penzym est une méthode qualitative de détection des résidus d'antibiotiques dans le lait, basé sur l'activité enzymatique de la pénicillinase. Cette enzyme est produite par des bactéries résistantes à la pénicilline. Lorsque des résidus d'antibiotiques sont présents dans le lait, la pénicillinase dégrade la pénicilline ajoutée dans la solution du test, libérant un produit qui réagit avec un réactif chimique présent dans le test. Cette réaction produit un changement de couleur, indiquant ainsi la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait. Ce test est largement utilisé dans l'industrie laitière pour garantir la sécurité alimentaire et prévenir les risques pour la sante lies à la consommation de lait contaminé (**WANG *et al*, 2017**).

3. Les méthodes immuno-enzymatiques

3.1. Les tests récepteurs

Selon **GAUDIN (2016)**, les tests des récepteurs utilisent une bande réactive sur laquelle un ligand récepteur est fixé sur une bande membranaire. L'échantillon qui doit être analysé est appliqué sur la bande et mis en contact avec le récepteur.la ligne de contrôle (CTRL) doit toujours apparaître afin de rendre le test valide. Puisqu'il s'agit d'un essai immunologique concurrentiel, le signal (intensité de la ligne TEST) diminue lorsque la concentration en

résidus dans l'échantillon augmente. Un échantillon négatif a une ligne TEST équivalente ou supérieure à la ligne CTRL. Un échantillon est considéré comme positif lorsque l'intensité de la ligne TEST est inférieure à la ligne de contrôle. Cependant, les résultats peuvent être interprétés par observation visuelle directe des lignes de test et de contrôle et la couleur développée peut également être quantifiée soit par rapport à une échelle de couleur standard ou en mesurant par spectrophotométrie.

3.2. Elisa test

Selon **ENGVALL et PERLMAN (1971)**, Elisa est une méthode immuno-enzymatique largement utilisée en biochimie pour la détection d'anticorps ou d'antigènes dans un échantillon. Elle offre une gamme d'applications allant de la détection simple à la quantification des concentrations sériques, grâce à une réaction colorée qui se produit lors de l'hydrolyse du substrat et qui peut être mesurée quantitativement par photométrie. Cette technique est utilisée pour détecter la présence de virus et trouve également des applications dans l'industrie agroalimentaire pour la détection d'allergènes alimentaires.

4. Les méthodes physico-chimiques

4.1. Les méthodes chromatographiques

Les méthodes chromatographiques sont généralement utilisées pour détecter les résidus d'antibiotiques dans le lait en raison de leur sensibilité, leur capacité à analyser différents types d'antibiotiques ainsi leur sélectivité.

4.1.1. Chromatographie liquide à haute performance(HPLC)

L'HPLC est une technique qualitative et quantitative reconnue comme une méthode de choix pour détecter les résidus d'antibiotiques et qui consiste la séparation analytique des constituants d'un mélange (**PIKKEMAAT et al., 2009**).

Les composants de l'échantillon à séparer sont mis en solution dans un solvant. Cependant ce mélange est introduit dans la phase mobile liquide à l'aide d'un injecteur. La nature des molécules interagissent plus ou moins avec la phase stationnaire dans un tube appelé colonne chromatographique (**GUPTA et al., 2012**)

Par ailleurs, la phase stationnaire ralentit plus ou moins la migration des substances en fonction des propriétés propres aux solutés. La séparation peut être fondée sur l'adsorption, l'échange d'ions, les interactions hydrophobes, la polarité et l'exclusion par la taille. la phase

mobile poussée par une pompe sous haute pression, parcourt le système chromatographique (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

4.1.2. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

D'après REIG et TOLDRA (2008), la chromatographie en phase gazeuse est une méthode très utile afin de détecter les résidus d'antibiotiques qui permet à séparer les molécules d'un mélange de nature très diverses. Ensuite cette méthode s'applique principalement aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Elle consiste à partager l'échantillon à analyser entre deux phases, l'une de ces phases est un liquide stationnaire uniformément reparti sous forme d'une pellicule mince sur un solide inerte de grande surface spécifique, tandis que l'autre phase est un gaz mobile. Un composé qui a plus d'affinité pour la phase mobile, aura peu d'interaction avec la phase stationnaire et sera donc moins ralenti par celle-ci, et donc élué plus rapidement qu'un composé qui a plus d'affinité avec la phase stationnaire.

4.1.3. Chromatographie en couche mince (CCM)

Selon OLIVIERA *et al.*(2006), la CCM est une technique chromatographique, simple et économique pour la détection des antibiotiques. Elle repose principalement sur l'adsorption la phase mobile est un solvant qui progresse le long d'une phase stationnaire fixée sur une plaque de verre ou sur une feuille semi-rigide de matière plastique ou aluminium. Après que l'échantillon ait été déposé sur la phase stationnaire, les substances migrent par capillarité à une vitesse qui dépend de leur nature et de celle du solvant, ce qui fait que chaque composant se déplace à sa propre vitesse.

4.2. La méthode spectrométrique :

4.2.1. spectrométrie de masse (SM)

La spectrométrie est une technique physico-chimique permettant d'identifier un principe toxique, c'est une méthode de mesure des rapports masse/charge de molécules ionisées et individuelles et leurs produits de fragmentations (JEON *et al.*, 2008).

Selon ZAIKIN et HALKET(2006), la spectrométrie de masse assure divers opérations :

Volatiliser : c'est une opération qui consiste à séparer les molécules les unes des autres, de passer de l'état de matière condensée à un état gazeux ;

Ioniser : c'est une méthode de transformation des molécules en ions ;

Mesurer les rapports m/z : la masse moléculaire est calculée à la base du rapport masse (m) sur le nombre de charge (z).

Chapitre 03 :
Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objectif de cette étude consiste à évaluer la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait de vache, et d'effectuer des analyses physicochimiques afin de garantir sa qualité et sa conformité aux normes réglementaires.

2. Lieux d'échantillonnage

L'échantillonnage du lait de vache a été réalisé dans la wilaya de Tizi Ouzou(en Algérie), notre étude a couvert plusieurs région à savoir Derna, Tala n Tazert, Ighil n Tsseda, Bouadnan, Fliki, Cheurfa n Bahloul, Tinkicht, Ait Bouada, Ighil Bouzel, Zerrouda et Abizar.

Concernant les modalités de prélèvement, les mesures d'hygiène ont été respectées afin d'éviter toutes les contaminations lors de la collecte des échantillons (**Annexe 1**).

Une fois les échantillons prélevés, ils ont été numérotés en indiquant la région (**Annexe 2**).

3. Prélèvements

La collecte du lait cru a été réalisée en mois de juin, en respectant les règles d'hygiène et d'asepsie recommandées. Les échantillons de lait ont été prélevés directement des vaches dans des flacons stériles munis de bouchons hermétiques (**Annexe 1**).

Ces derniers sont rapidement transportés au laboratoire dans des glacières réfrigérées afin de maintenir la température basse (4°C), puis congelés jusqu'au moment de l'analyse afin de préserver leur intégrité.



Figure 1 : Des échantillons du lait dans de flacons stériles.

4. Cadre de l'étude

Cette étude a été réalisée au niveau de deux institutions. Tout d'abord, nous avons effectué une analyse physico-chimique du lait dans un laboratoire d'une industrie laitière « le fermier » située à Dra Ben Kheda.

Ces analyses permettent d'évaluer différents paramètres tels que la densité, la teneur en matière grasse, le pH, etc. Ensuite, nous avons effectué des recherches de résidus d'antibiotiques dans le lait au niveau du laboratoire de l'université « Mouloud Mammeri » à Tizi Ouzou.

5. Matériels et méthodes

Dans cette partie, nous avons utilisé divers matériels et réactifs, ces outils ont été choisis en fonction des besoins spécifiques de notre étude (**Annexe 3**).

5.1 Au niveau du fermier

5.1.1. Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques jouent un rôle important dans l'évaluation de la qualité et de la composition du lait. Ces analyses permettent de déterminer divers paramètres tels que la teneur en matières grasses, en protéines, en lactose, la densité et le pH. Ces analyses sont essentielles pour garantir que le lait est conforme et qu'il est sûr à la consommation humaine.

5.1.1.1. Détermination du Ph

La mesure du pH dans un échantillon de lait permet de fournir des informations sur son état de fraîcheur en utilisant un Ph mètre. Elle consiste à plonger l'électrode du pH-mètre dans un bécher contenant du lait.

Mode opératoire :

- ✓ Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampon à pH= 7 (l'eau distillée).
- ✓ Introduire l'électrode dans le récipient contenant du lait.
- ✓ Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.
- ✓ La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH mètre.



Figure 2 : Un Ph mètre.

5.1.1.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité du lait est déterminée en utilisant une méthode de titrage avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'un indicateur coloré la phénolphthaléine qui indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle). Cette méthode permet de mesurer la quantité d'acide lactique présente dans le lait.

La lecture de l'acidité se fait directement sur la burette de volume contenant le NaOH, exprimée en degrés Dornic (°D).

Mode d'opérateur

- ✓ Prélever un échantillon du lait dans un bécher propre.
- ✓ Ajouter quelques gouttes de phénolphthaléine à l'échantillon.
- ✓ Verser lentement la solution de NaOH dans l'échantillon contenant du lait et de phénolphthaléine et agiter continuellement jusqu'à ce que le changement de couleur se produise.
- ✓ Noter le volume de la solution de NaOH utilisée pour atteindre le point de neutralisation. Cette valeur représente la quantité d'acide lactique présent dans l'échantillon et il est exprimé en degré Dornic (°D).



Figure 3 : Un acidimètre.

5.1.1.3. Détermination d'autres composés

Un lactostar est un instrument largement utilisé dans les industries laitières pour mesurer rapidement et avec précision plusieurs paramètres clés du lait. Cet appareil utilise des techniques de mesure optique et électrique pour évaluer ces paramètres tels que la densité, la teneur en matière grasse, en matière sèche, en protéine et en lactose. La lecture des mesures sont affichés directement sur l'écran du lactostar.

Mode d'opérateur

- ✓ Prélever un échantillon du lait dans un récipient propre.
- ✓ Retourner doucement le récipient contenant du lait, afin de garantir une répartition homogène des composants.
- ✓ Placer la pompe du lactostar à l'intérieur du récipient contenant du lait.
- ✓ Activer la pompe pour aspirer le lait. La pompe aspire automatiquement une quantité spécifique du lait pour l'analyse.
- ✓ Les résultats des analyses sont affichés directement sur l'écran du lactostar.
- ✓ Après chaque utilisation, rincer soigneusement la pompe et tout éléments en contact avec le lait, afin d'éviter toute contamination croisé entre les échantillons.



Figure 4 : Un lactostar.

5.1.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse

Afin de vérifier et de garantir les mesures données avec un lactostar, il est courant d'utiliser une centrifugeuse en complément.

Cette méthode est basée sur la dissolution de la matière grasse à doser dans le lait en utilisant de l'acide sulfurique. Sous l'effet de centrifugeuse et avec l'ajout d'une petite quantité d'alcool iso amylique, la matière grasse se sépare en une couche claire dont les graduations du butyromètre permettent de déterminer le taux de la matière grasse.

La lecture se fait directement sur le butyromètre et le résultat est exprimé en gramme par litre (g/L).

Mode d'opérateur

- ✓ Placer deux butyromètres sur un support.
- ✓ A l'aide d'une pipette, mesurer 10 ml d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre.

- ✓ Retourner doucement trois ou quatre fois le récipient contenant du lait, afin qu'il soit homogène.
- ✓ Prélever 11 ml de lait avec une pipette et le verser dans le butyromètre sans mouiller le cou, afin que le lait ne se mélange pas avec acide sulfurique.
- ✓ Déposer 1ml d'alcool iso-amylque sur le lait à l'aide d'une pipette
- ✓ Fermer le butyromètre sans perturber son contenu.
- ✓ Agiter et retourner le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes.
- ✓ Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/mn) en 2 minutes.
- ✓ Après avoir enlevé le butyromètre, tenir celui-ci à la verticale de sorte que le ménisque de la colonne des lipides se trouve à la hauteur des yeux.



Figure 5 : Une centrifugeuse et un butyromètre.

5.2. Au niveau du laboratoire de l'université Mouloud Mammeri

5.2.1. La détection de résidus d'antibiotique

Les antibiotiques sont largement utilisés dans l'industrie agricole pour prévenir et traiter les infections chez les animaux, mais leurs présences dans les produits alimentaires finis doit être contrôlé pour éviter des concentrations excessives, afin de garantir la sécurité alimentaire et éviter les risque pour la santé humaine. Deux méthodes couramment utilisées pour les détecter dans le lait:

5.2.1.1. Snap ST Duo Plus

Dans le cas de la détection des résidus d'antibiotiques dans le lait, cette dernière a été réalisée à l'aide d'un kit spécifique tel que le Snap ST Duo Plus.

Mode d'opérateur

- ✓ Assurer que les tests sont à une température ambiante (18-30 °).
- ✓ Les échantillons du lait doivent être réfrigérés entre 0-10°.
- ✓ Mélanger soigneusement l'échantillon du lait.
- ✓ A l'aide d'une pipette, aspirer du lait jusqu'à la ligne de l'indicateur, ensuite le verser dans le tube à essai.
- ✓ Agiter doucement le tube pour dissoudre la bile de réactif.
- ✓ Après avoir mélangé l'échantillon, verser tout le contenu du tube dans le dispositif SNAP.
- ✓ Lorsque le bord du cercle d'activation commence à disparaître, appuyer fermement vers le bas sur le dispositif.
- ✓ Après quelques minutes, la lecture se fait directement sur le dispositif en comparant les témoins de l'échantillon (béta-lactamine, céphalexine, tétracycline) avec le contrôle. Si le point sur l'échantillon est plus clair que le point de contrôle, l'échantillon est positif. Si le point sur l'échantillon est plus sombre ou de couleur similaire au point de contrôle, l'échantillon est négatif.



Figure 6 : Un test Snap ST plus.

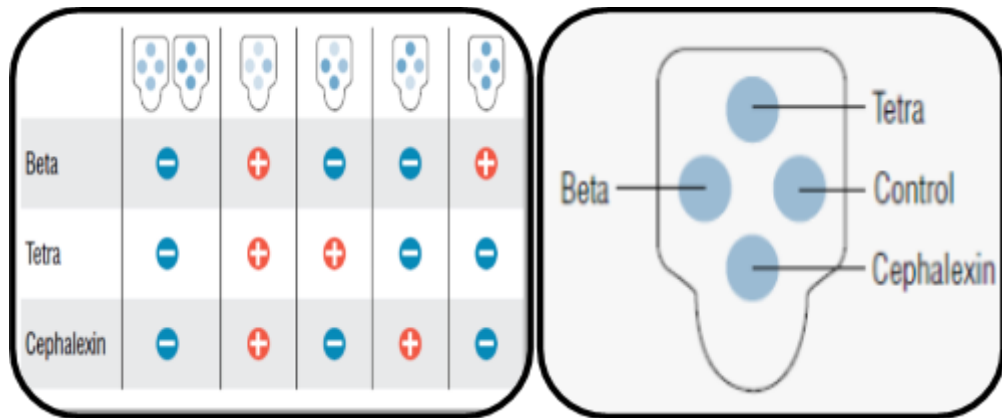


Figure 7 : La lecture des résultats sur le Kit Snap.

5.2.1.2. Test de diffusion en gélose

Le principe de base du test par diffusion est d'incuber des échantillons de lait avec des souches bactériennes sensibles à des antibiotiques spécifiques.

5.2.1.3. Revivification et contrôle de qualité des souches

Afin de garantir le résultat de cette étude, les souches utilisées ont été revivifiées et soumises à des tests de contrôle de qualité telle que la coloration de gram (**Annexe 04**).

5.2.1.4. Préparation des disques

Les disques non imbibés d'antibiotiques ont été conditionnés et autoclavés jusqu'au moment de leur utilisation.

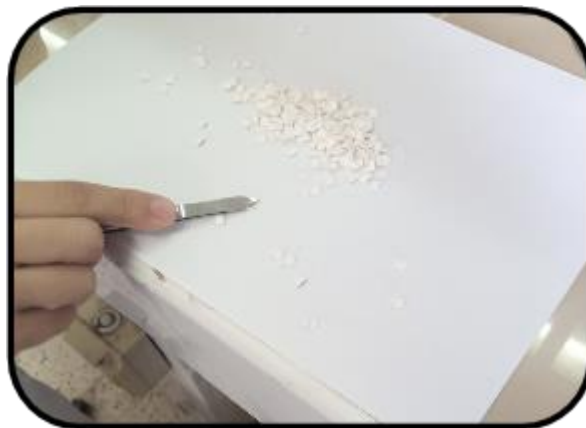


Figure 8 : Préparation de disques.

5.2.1.5. Préparation des milieux

- ✓ Mettre la gélose Mueller Hinton dans un bain marie à 100°C pour la liquéfier.
- ✓ Après avoir liquéfié la gélose, on la laisse refroidir pendant 15 min.
- ✓ Verser la gélose dans des boîtes de pétri dans des conditions stériles afin d'éviter toutes contaminations.

- ✓ Incuber ces boîtes de pétri dans une étuve à 37°C pendant 24h (test de stérilité).



Figure 9: Préparation des milieux.



Figure10 : Incubation.

5.2.1.6. Préparation des échantillons

Les échantillons du lait sont chauffés à 100°C, afin d'inhiber l'activité antibactérienne présente dans le lait.



Figure 11 : Préparation des échantillons (chauffage à 100°C).

5.2.2. Préparation de la suspension bactérienne

Prélever quelques colonies isolées d'une souche pure (*Bacillus Streathermophilus*) et les déposer dans un tube à essai contenant 9ml de l'eau physiologie. (Cette souche a été incubée préalablement dans une étuve à 53°C pendant 24h). Homogénéiser bien la suspension bactérienne, la densité optique de la suspension bactérienne comprise entre (0.8 à 1.2), ajuster la concentration en ajoutant soit de l'eau physiologique pour diluer la suspension, soit une petite quantité de la souche bactérienne pure pour augmenter la concentration et homogénéiser soigneusement après chaque ajustement

NB : l'ensemencement sur la gélose MH doit être réalisé dans les 15 min qui suivent la préparation de la suspension.

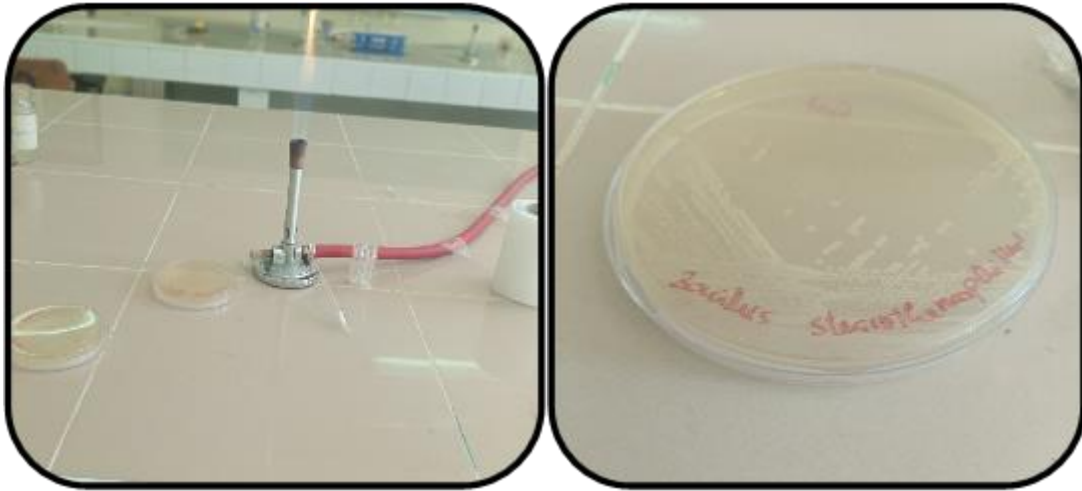


Figure12: Préparation d'une suspension bactérienne.

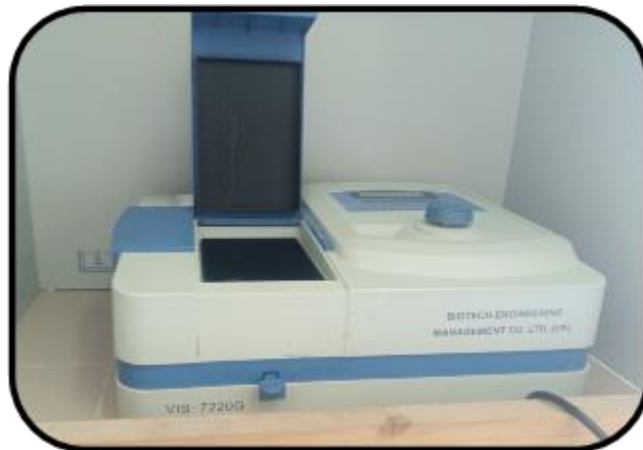


Figure13 : Un spectrophotomètre.

5.2.3. Ensemencement des boîtes de pétri

Ensemencement des boites se fait comme suite :

✓ Plonger l'écouvillon dans la suspension bactérienne préparé (bien immerger l'écouvillon afin de collecter les bactéries).

✓ Etaler la suspension bactérienne sur la surface de chaque boîte de pétri contenant la gélose en faisant retourner la boîte de pétri afin d'étaler la suspension sur toute la surface de la gélose (Dans des zones stérile).

✓ A l'aide d'une pince stérile, placer les disques imbibés du lait sur la surface de chaque boîte de pétri contenant la suspension bactérienne étalées.

✓ Déposer un disque d'antibiotique «céphalexine » et un disque vide à titre de contrôle.

✓ Incuber ces boîtes de pétri contenant les disques dans une étuve à une température de 55°C pendant 24h.



Figure 14: Placement des disques imbibés du lait et leur incubation.

Résultats
&
Discussions

Résultats

1. Analyses physico-chimiques

La qualité physico-chimique globale du lait de vache issue de douze fermes dans la wilaya de Tizi Ouzou a été évaluée. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-après.

Tableau03: Résultats des analyses physico-chimiques du lait de vache.

Paramètres Ech	PH	Acidité	Densité	MG	ESD	Lactose	Protéine
E02	6.61	17	1035	32	96	47.3	37.2
E04	6.66	16.5	1031	30	84.2	55.5	31.7
E05	6.64	16	1031	31	85.7	56.5	32.3
E06	6.62	17	1028	35	80.8	53.2	36
E07	6.61	17	1032	30	86.1	57	32.3
E08	6.62	17	1028	32	80.8	55.6	32.4
E14	6.73	17	1031	35	85.7	56.6	32.2
E19	6.68	17	1030	31	83	54.7	31.2
E21	6.68	17.5	1031	30	82.5	54.2	30.9
E22	6.63	17	1029	33	79.6	52.2	29.9
E27	6.65	16.5	1030	34	82.9	54.6	31.2

Les résultats des analyses physico-chimiques, telles que le pH, l'acidité, la densité, la teneur en matière grasse, en lactose et en protéines sont conformes aux normes définies dans l'**Annexe 05**, à l'exception de la teneur en extrait sec dégraissé, qui est inférieur à la norme AFNOR (87-90) et celle l'échantillon 02 qui est supérieur à la norme.

2. Détection des résidus d'antibiotiques

2.1. Par le Kit Snap Duo Plus

La détection des résidus d'antibiotiques dans le lait de vache issus de 27 régions dans la wilaya de Tizi Ouzou a été réalisée, cela à l'aide d'un kit Snap ST Duo Plus.4

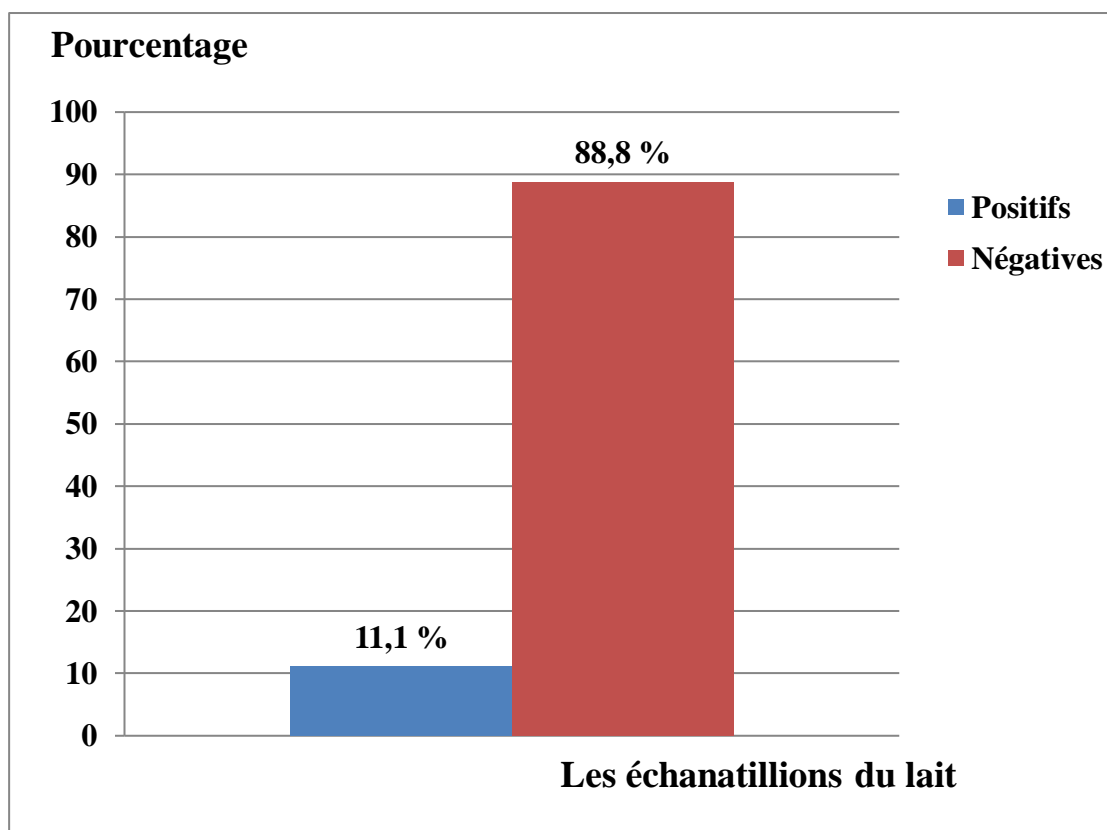


Figure15 : Détection de résidus d'antibiotiques par Kit Snap.

D'après la figure 15, nous observons que 11.1% des échantillons analysés par le kit Snap Duo St étaient positifs, ce qui signifie la présence de résidus d'antibiotique et 88,8% sont négatifs, cela indique qu'aucun résidus d'antibiotiques.

2.1.1. Familles détectés par Kit Snap

La figure ci-après représente le taux de résidus d'antibiotiques selon la famille (tétracyclines, bêtalactamines, céphalexines)

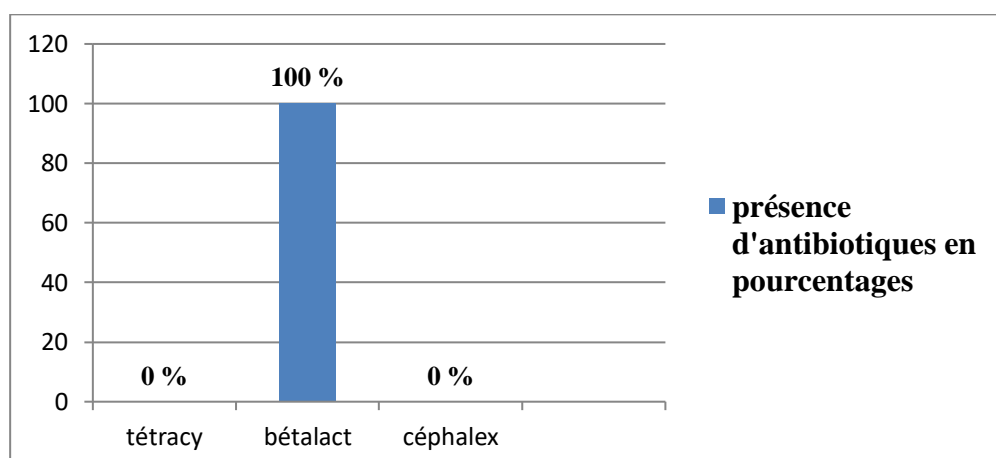


Figure16 : Taux de résidus d'antibiotiques selon la famille.

D'après la figure 16, nous observons que les résidus d'antibiotiques les plus fréquemment détectés dans le lait appartiennent à la famille des bêta-lactamines.

2.2. Test de diffusion

Dans le cadre de cette étude, nous avons effectué une analyse des résidus d'antibiotiques dans le lait de vache provenant de 27 fermes de la wilaya de Tizi Ouzou, en utilisant une méthode de diffusion qui repose sur la mesure des zones d'inhibition. Cette méthode nous a permis d'identifier 09 échantillons, qui présentent des zones d'inhibition comprises entre 6 et 12mm, ces zones d'inhibition peuvent indiquer la présence de substances antimicrobiennes, y compris des résidus d'antibiotiques et 18 échantillons négatifs, ne présentent aucune zone d'inhibition.

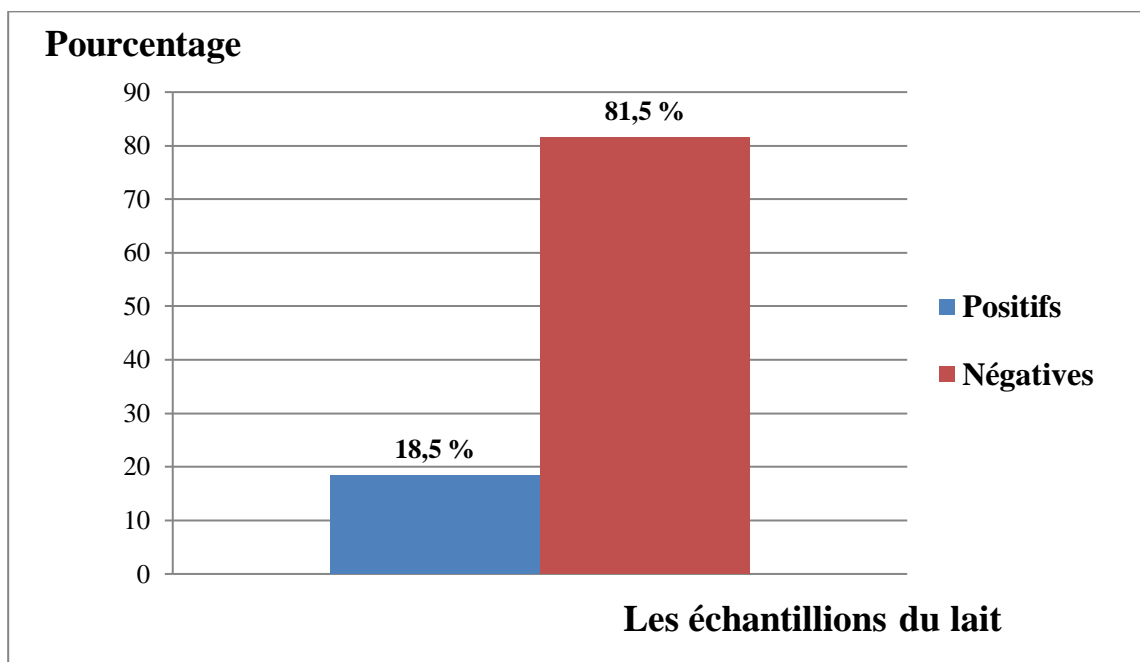


Figure17: Détection des résidus d'antibiotiques par la méthode de diffusion.

D'après les résultats représentés dans la figure17, nous observons que 18.5% des échantillons analysés par la méthode de diffusion sont apparus positifs et 81.5% sont négatives.

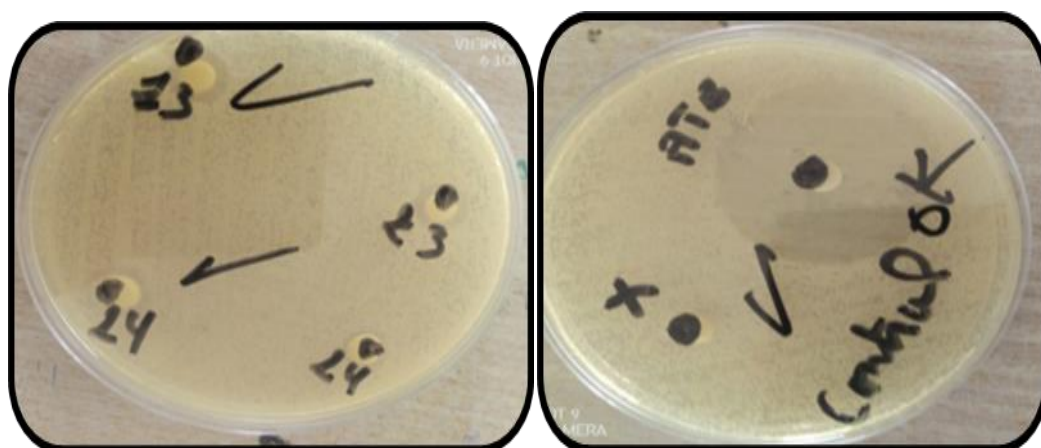


Figure18 : Apparition de zones d'inhibitions.

2.3. Les résidus d'antibiotiques et système d'élevage

La figure ci-après représente le taux de résidus d'antibiotiques par rapport aux systèmes d'élevage.

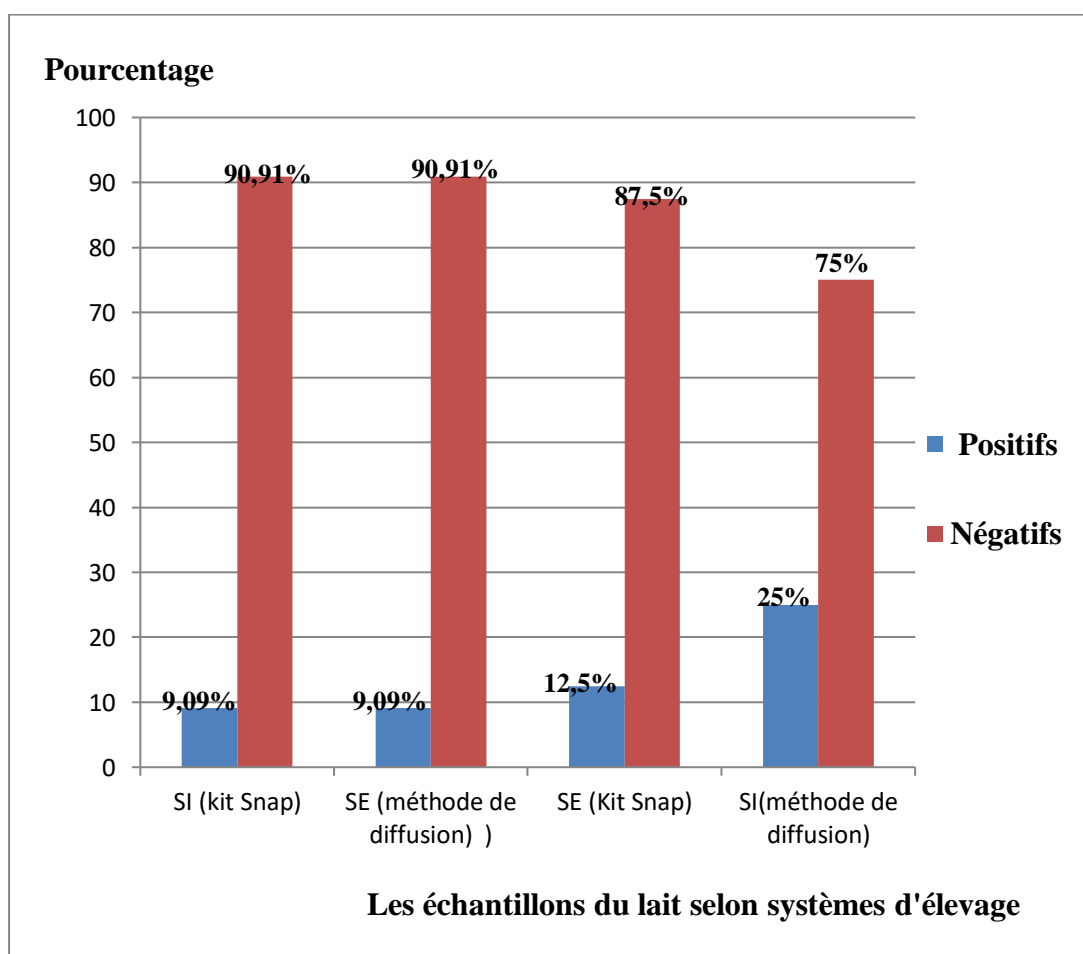


Figure19: Taux de résidus d'antibiotiques par rapport aux systèmes d'élevage.

D'après les résultats représentés dans la figure 19, Le taux de résidu d'antibiotique qui a été détecté est plus important dans le système extensif comparativement au système intensif.

Par ailleurs, la méthode de diffusion a détecté plus de résidu d'antibiotique par rapport au test par kit Snap dans les deux systèmes d'élevage.

2.4. Les résidus d'antibiotiques et âges

La figure ci-dessous représente le taux de résidus d'antibiotiques par rapport à l'âge des vaches.

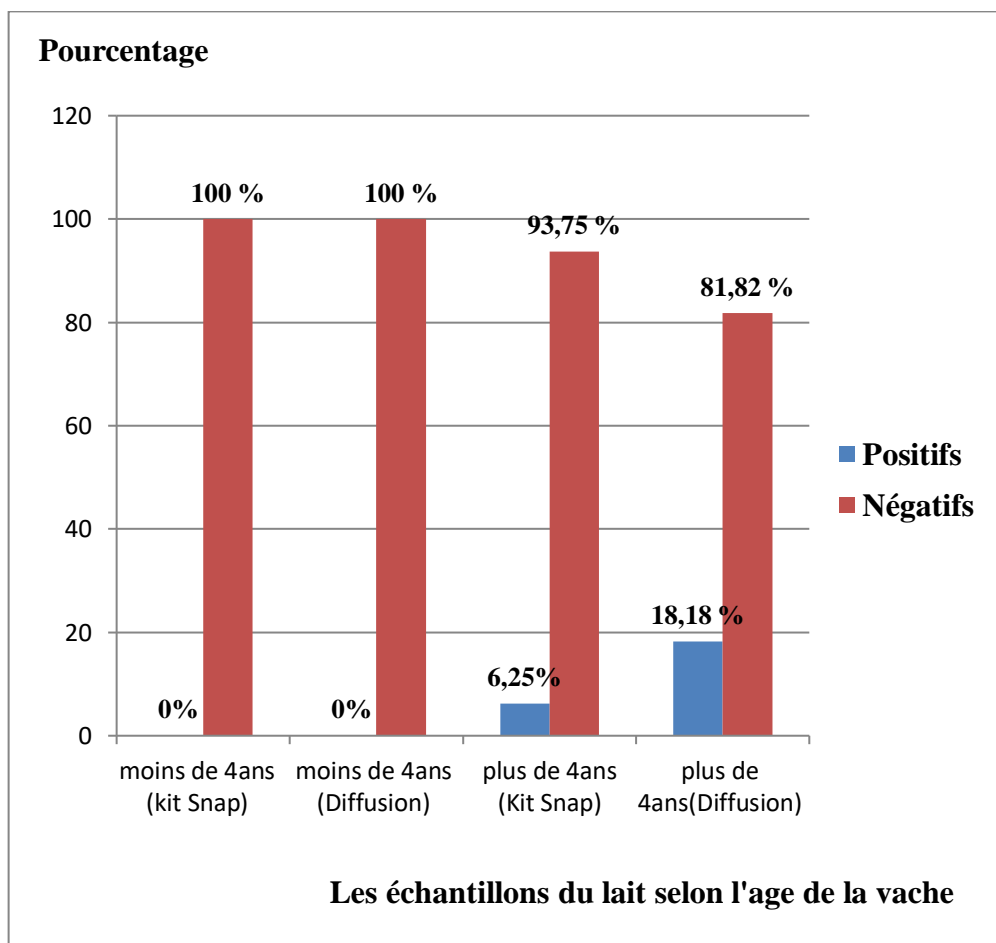


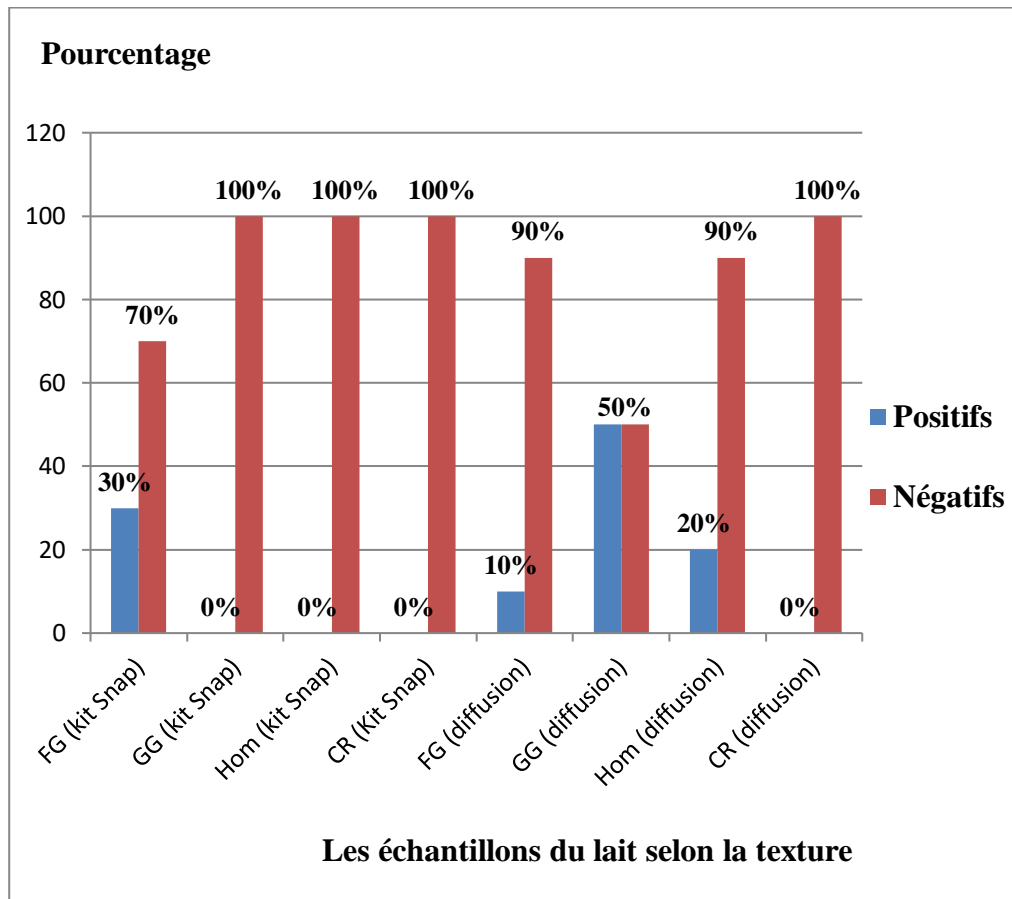
Figure20: Taux de résidus d'antibiotiques par rapport à l'âge des vaches.

D'après les résultats représentés dans la figure 20, Le taux de résidu d'antibiotique qui a été détecté est plus important au niveau du lait issu de vaches plus de 4 ans par rapport aux vaches moins de 4ans.

Par ailleurs, la méthode de diffusion a toujours détecté plus de résidu d'antibiotique par rapport au test par kit Snap.

2.5. Les résidus d'antibiotiques et la texture du lait

La figure ci-dessous représente le taux de résidus d'antibiotiques par rapport la texture du lait.



FG (fins grumeaux) ; Hom (homogène) ; GG (gros grumeaux) ; CR (crémeux)

Figure 21 : Taux de résidus d'antibiotiques par rapport à la texture du lait.

D'après les résultats présentés dans la figure 21, nous observons que le taux de résidu d'antibiotique a été trouvé plus au niveau du lait qui contient de grumeaux, que ce soit fin ou gros.

2.6. Les résidus d'antibiotiques et la couleur du lait

La figure ci-après représente le taux de résidus d'antibiotiques par rapport à la couleur du lait.

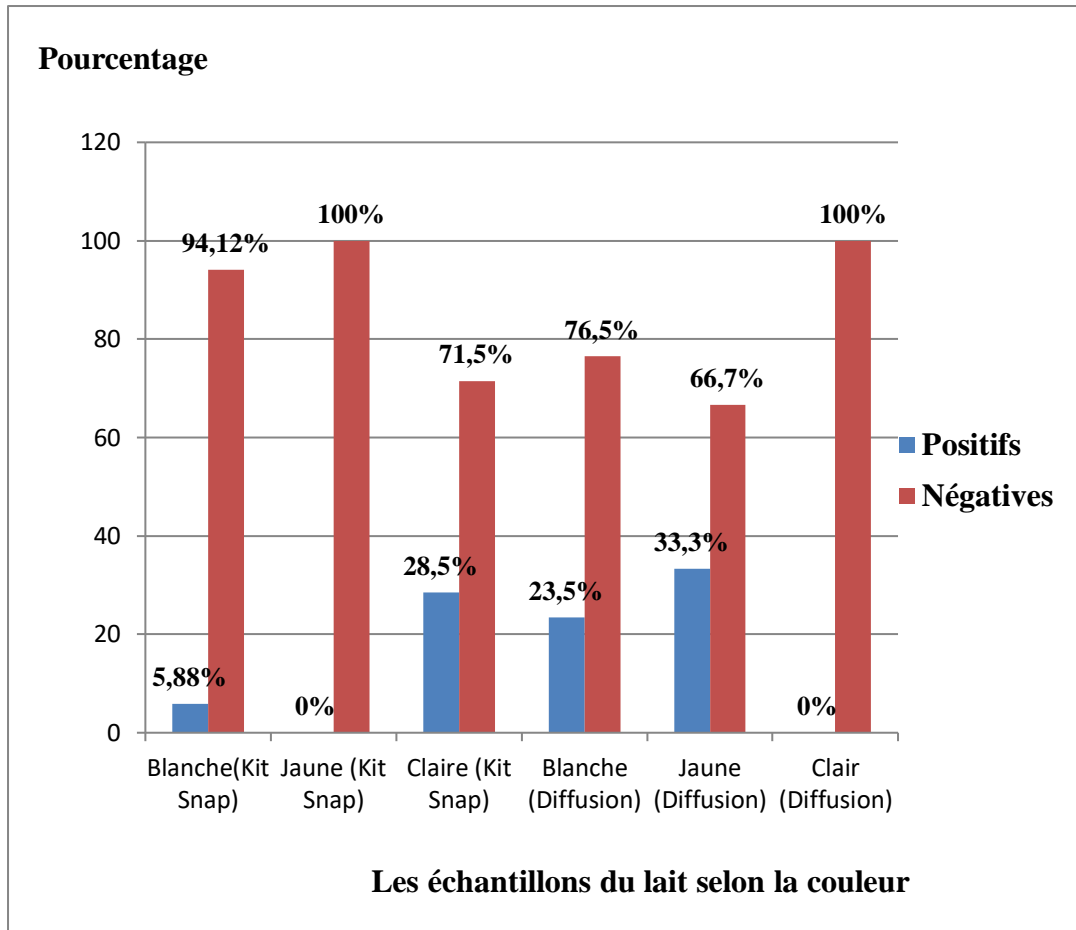


Figure22: Taux de résidus d'antibiotiques par rapport à la couleur du lait.

D'après les résultats présentés dans la figure 22, nous pouvons observer que le taux de résidu d'antibiotique a été détecté dans tous les aspects du lait.

Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de lait cru prélevés dans les différentes zones d'étude montrent des valeurs de pH qui situent entre 6,61 et 6,73 ce qui signifie qu'ils sont dans l'intervalle de conformité par rapport aux normes d'entreprise (6,6-6,8).

Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux obtenus par **LABIOUI *et al* (2009)**, qui montrent des valeurs de pH variant de 6,24 à 6,69, ce qui indique un début d'acidification due soit à un début d'activité fermentaire soit à la présence de certains acides organiques résultant du métabolisme bactérien.

Les valeurs d'acidité Dornic relevées sur les échantillons étudiés varient entre 16 et 17,5 °D, sont également conformes à les normes recommandées, par contre les valeurs enregistrées par **QUIGLEY *et al* (2013)**, sont plus élevées (dépassant 19 °D) ce qui indique une

concentration importante de l'acide lactique produit par la fermentation du lactose par les bactéries lactiques présentes dans le lait.

Selon les résultats obtenus, la densité du lait se situe entre 1028 et 1035 qui sont conformes aux normes recommandées. Cependant, les valeurs de densité enregistrées par **AINOUCHE et BOUSLAH (2016)**, dans leur étude se situent entre 1024 et 1028, ce qui est inférieur aux normes. Ces résultats pourraient indiquer un mouillage frauduleux du lait.

La teneur en matière grasse de nos échantillons est variée entre 30 et 35 g/l indiquant qu'elle est conforme à la norme laitière (32 à 36 g/l) et proche avec celle obtenu par **LABIOUI et al (2009)**, (29,5- 33,5). La variabilité de la teneur en matière grasse dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation.

Le taux de l'extrait sec dégraissé mesuré dans nos échantillons est également varié entre 79,6 et 86.1 g/l expliquant qu'il est inférieur à la norme Afnor (87-90) à l'exception de taux de l'échantillon 02 (96 g/l). Les valeurs retrouvées de l'ESD se rapprochent celles enregistrées par **KIZI et MAKDOUD (2014)**, pour le lait de la région d'Akbou, qui varient entre 76,03 et 94,39 g/l, et pour cela peut être attribué à la richesse du lait en matière grasse, car une teneur plus élevée en matière grasse réduit le taux d'extrait sec dégraissé. Selon **COUBRONNE et al. (1980)**, les rations peu énergétiques peuvent également contribuer à la réduction du taux d'extrait sec dégraissé dans le lait.

Les valeurs du lactose de nos échantillons varient entre 47,3 et 56,6 qui sont conformes aux normes recommandés mais sont plus important à celles du lait étudié par **MATHIEU (1998)**, (43,51 contre 49g/l). Cela peut être dû à des caractéristiques génétiques spécifiques des races ou à une alimentation déséquilibrée ou à des problèmes de santé chez les vaches, tels que les infections de la mamelle ou les déséquilibres hormonaux qui peuvent influencer sur la composition du lait y compris le taux de lactose.

Le taux protéique déterminé dans les échantillons analysés se situe entre 29,9 et 56,6 g/l. Il est également similaire aux normes Fil-Afnor et relativement faible au taux obtenu par **ABDELAZIZ(2013)**, (97 -98/l), cela peut être attribué soit à la race ou à l'alimentation ou à la santé de vache.

La détection des résidus d'antibiotiques dans les échantillons à analyser a été réalisée par deux méthodes différentes par le kit Snap Duo plus et par la diffusion sur gélose qui sont appliquées sur 27 échantillons de lait cru collecté de la wilaya de Tizi Ouzou. Ceci afin de détecter les échantillons contenant des résidus d'antibiotiques, car ces derniers peuvent avoir

un effet sur la santé humaine caractérisé par des réactions allergiques, des problèmes toxiques et d'antibiorésistance.

Le kit Snap ST Duo Plus révèle que 11,1% des échantillons étaient positifs à la présence de résidus d'antibiotiques, tandis que 88,8% étaient négatifs. Ces résultats sont significatifs car ils indiquent que la majorité des échantillons analysés ne contenaient pas de résidus d'antibiotiques détectables.

Cependant, la présence de 11,1% d'échantillons positifs peut être préoccupante, car elle suggère que certains éleveurs utilisent peut-être des antibiotiques de manière inappropriée dans leur élevage, cela peut être dû à une mauvaise gestion de la santé des vaches ou à l'utilisation excessive d'antibiotiques ou le manque d'application du délai d'attente recommandé.

Parmi les familles détectées au cours de notre étude par le kit Snap sont les bêta-lactamines, ces derniers sont les plus utilisés pour traiter les infections bactériennes chez les vaches et qui ont une persistance pendant une longue période dans l'organisme cela signifie qu'il peut rester des traces de ces résidus dans le lait.

De plus, la méthode de diffusion sur gélose utilisée dans cette étude a déterminé 18,5% des échantillons analysés présentaient des zones d'inhibition, indiquant la présence potentielle de résidus d'antibiotiques, cela soulève des préoccupations quant à l'utilisation abusive ou inappropriée d'antibiotiques dans l'élevage de vaches laitières de la wilaya de Tizi Ouzou.

D'autre part, 81,5% des échantillons étaient négatifs, ce qui indique l'absence de zones d'inhibition, cela ne garantit pas nécessairement l'absence totale de résidus d'antibiotiques, car la méthode de diffusion peut ne pas être sensible à certaines classes d'antibiotiques ou à faible concentrations (GAUDIN ,2016).

La méthode de diffusion a révélé des taux des résultats positifs plus élevés par rapport au test par kit Snap. Cette différence entre les deux méthodes peut être expliquée par la présence d'autres inhibiteurs dans le lait (AOUES *et al.*, 2019).

Par ailleurs, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par TARZAALI *et al* (2008), qui ont signalé que les bêta-lactamines sont la première famille d'antibiotiques utilisées. Il est en conclu que cela pouvait être attribué des infections bactériennes chez les vaches laitières y compris les mammites.

Le taux des résidus d'antibiotiques détectés dans le système d'élevage extensif est plus élevé par rapport au système d'élevage intensif car dans le système d'élevage intensif, le contrôlé est plus rigoureux.

De plus le système d'élevage intensif est caractérisé par des mesures de prévention plus strictes qui peuvent être mises en place pour éviter les infections bactériennes, cela peut inclure l'utilisation de protocoles d'hygiène stricts, une surveillance plus étroite de la santé de la vache et une utilisation plus ciblée des antibiotiques.

La méthode de diffusion a détecté plus de résidus d'antibiotiques que le test par kit Snap, indépendamment du système d'élevage. Cela pourrait être dû à des différences dans la sensibilité et la spécificité des deux méthodes de détection.

D'après les résultats observés, il apparaît que le taux de résidus d'antibiotiques détectés est plus élevé dans le lait provenant de vaches âgées de plus de 4 ans par rapport à celles de moins de 4 ans, ce qui pourrait être dû à une exposition plus longue aux traitements antibiotiques répétés pour diverses affections ce qui peut entraîner une accumulation de ces résidus dans leur organisme, comme il peut être causé par des problèmes de santé plus fréquents ou à des changements métaboliques liés à l'âge. De plus, la méthode de diffusion semble plus sensible que le test par kit Snap.

Selon les observations, il est indiqué que le lait contenant des grumeaux, qu'ils soient fins ou gros, présente des taux plus élevés de résidus d'antibiotiques. Ces observations suggèrent une corrélation entre la texture du lait et les résidus d'antibiotiques, cette corrélation ne signifie pas nécessairement qu'il existe une relation de cause à effet directe entre les deux variables. Il est possible que les grumeaux agissent comme des réservoirs ou des sites d'adhérence pour les résidus d'antibiotiques présents dans le lait. Les grumeaux pourraient retenir les antibiotiques de manière plus efficace que le lait homogène, ce qui expliquerait les taux plus élevés observés.

Suite à la détermination d'antibiotiques dans les échantillons analysés, nous avons remarqué que peu importe la couleur du lait à savoir blanche, jaune et clair, les résidus d'antibiotiques ont été détectés dans ce dernier c'est-à-dire qu'il n'existe pas aucune relation et aucune influence entre les deux variables.

Le lait cru occupe une place importante dans la pyramide nutritionnelle de la santé humaine.

Les paramètres physico-chimiques de notre échantillon de lait sont en grande partie adaptés aux normes recommandées, à l'exception de la teneur en extrait sec dégraissé, qui est inférieur à la norme AFNOR.

Notre étude visait à détecter les résidus d'antibiotiques dans le lait de vache, et nous avons constaté que ces résidus étaient présents dans une proportion minimale de 11,1% selon le kit Snap Duo ST et de 18,5% selon la méthode de la diffusion. Ensuite, les bêta-lactamines sont les médicaments vétérinaires les plus couramment utilisés en élevage bovin pour traiter les infections bactériennes.

Nous avons également observé que les résidus étaient plus fréquents dans le lait de vache provenant d'un système d'élevage extensif par rapport à un système intensif. De plus, les vaches plus âgées (plus de 4 ans) présentaient un taux de résidus plus élevé que les vaches plus jeunes.

Par ailleurs, la couleur du lait ne semble pas être un facteur lié à la présence d'antimicrobiens, mais la présence de grumeaux pourrait être associée à la détection de résidus.

Enfin, il est crucial d'assurer un contrôle de qualité du lait du point de vue physico-chimique, de respecter les délais d'attente et de surveiller les risques et leurs résidus afin de garantir la sécurité des produits d'origine animale et de protéger les consommateurs.

Références bibliographiques

AFNOR (Association Française de Normalisation), 1985. Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, 3ème édition.

ALAIS C., Guy L., Miclo L. Biochimie alimentaire. 6ème édition, Paris. Dound.2008. Autre produits laitiers. P : 192-195

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R .et TURGEON H., (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait.

AMIOT J., FOURNIER S., LEBEUF Y., PAQUIN P et Simpson R., 2002 compositions, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In **VIGNOLA.L.** Science et technologie du lait - transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal.600p.

ANONYME 2 : VIDAL, L'intelligence médicale au service du soin

<https://www.vidal.fr/medicaments/utilisation/antibiotiques/mecanisme-action.html>

consulté le 06/05/23

AOUES K., MEGATELIS S., TABET M., REZKI I., TEFAHDI D et BENRIMA A. (2019). Détection des résidus d'antibiotiques dans le lait cru de vache collecté dans la région de Blida (Algérie). *Revue Agrobiologia*, 9(1), 1214-1222

BILLON. J, SENGHUOR Tao, (1979). Détection des antibiotiques dans le lait. Identification et dosage par la méthode électro phorétique. *Le lait*, 59(587)- pp.361-375. Hal-009282.

BOURAOUI, R. (2022). Le stress thermique chez la vache laitière Holstein de Tunisie : effets sur les performances de production. *REVUE D'OASIS AGRICULTURE ET DEVELOPPEMENT DURABLE*, 4 (2), 174–184.

BRIAN J. WERTH, 2022- Aminositides- PharmD, University of Washington School of Pharmacy- Le manuel MSD.

BURVENICH C, VAN MERRIS V, MEHUZAD J, DIEZ -FRAILE A, DUCHATEAU L. Severity of E. coli mastitis is mainly determined by cow factors. *VetRes*. 2003 Sep-Oct;34(5):521-64. doi: 10.1051/vetres:2003023. PMID: 14556694.

CATHERINE MERCIER, 2019 La leucose bovine, un cancer qui ronge les troupeaux laitiers.

Références bibliographiques

CATHERINE PERRO, 2022.Pour-on ou injectable, comment bien choisir un vermifuge ?

CATTLEHOUSING, 2014,Deuxième section, Groupe de travail n°14 recommandations internationales pour le logement de la vache laitière et de la génisse de remplacement

CH. PORCHER REVUE GENERALE DES QUESTIONS LAITIERES N°41 5E ANNEE TOME V JANVIER 1925 - Le procès de la matière grasse du lait

CHARLIER J, HOGLUND J, VON SAMSON-HIMMELSTHERNA G, DORNY P, VERCRUYSSE J. Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle: impact on production, diagnosis and control. VetParasitol. 2009 Sep 16;164(1):70-9. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.04.012. Epub 2009 Apr 15. PMID: 19414223.

CHARRON G, 1986. Les productions laitières. Paris : Lavoisier, 346p.

CHATAIGER B, (2004). Etude de la qualité sanitaire des viandes bovines et ovines à Dakar (Sénégal) : contamination par résidus d'antibiotiques. Thèse de Doctorat vétérinaire : université de Toulouse. N°4019, 103p.

Comité scientifique de l'agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire. (2006).Avis 42.

COUBRONNE C. (1980). Variation de quelques paramètres biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières étude dans deux élevages, école vetalfort, Paris.

COULON J.B., PRADEL P., VERDIER I., 1997. Effect of forage conservation (hay or silage) on chemical composition of milk. Ann.Zootech., (46), 21-26.

CROGUENNEC T., JEANTET R., BRULE G (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière, éditions Tec et Doc, Lavoisier.155p

D. YALA, A.S.MERAD, D.MOHAMED, M.N.OUARKORICH. Classement et mode d'action des antibiotiques. Médecine de Maghreb 2001.

D.MOHAMMEDI Classification et mode d'action des antibiotiques In : sofia.medicalistes.fr consulter le 06/05/23

DARIA SOROKA, 2016. Rôle du motif SDN dans l'inhibition et l'activité des β -lactamases des mycobactéries-Thèse de doctorat de biochimie - Université Pierre et Marie Curie.

DEBEZ.P (2002) .Transformation les produits laitiers frais à la ferme. Edition: Educagri, Dijon 237p.

Références bibliographiques

ECCKHOUTTE M. (1978). Antibiotiques et alimentation humaine, *revue de Méd.Vét*, 125, (5).P717-740.

EL GHACHTOULI & EL ZHARI. (2014) Recherche d'entérobactéries Productrices de bêtalactamases a spectre étendu isolées dans les Selles. Mémoire de licence. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Maroc ; 22p

EL Khoury M., ABI KHALIL S., et MALLAT M.H, (2017). Evaluation du test Penzym pour la détection des antibiotiques dans le lait. *Contrôle alimentaire*, 71,16-20.

ENGVALL E., PERLMANN P, (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry*, 8(9), 871-874.

FANNI N et NOVAK R, 1987. Travaux pratique de la chimie laitière.

FAO et FIL (2012). Guide de bonnes pratiques en production laitière.

FREDOT.E (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14(397pages)

GAOUAR Z.L., LOUKAF K et MASMI N. (2021). Les résidus d'antibiotiques dans le lait cru de vache : état des lieux dans la région de l'Ouest Algérien. *J Fac Med Or, Vol 5, n°1.p.637-680.*

GAUDIN V. (2016). Caractérisation de la performance et validation des méthodes de dépistage des résidus d'antibiotiques dans les denrées alimentaires (Doctoral dissertation, université Rennes 1).

GAY E., CHAZEL M., MEUNIER D., HAENNI M., CALAVAS D et MADEC J.Y, (2008).Apport du Résapath a la problématique de l'antibiorésistance en santé animale : analyse des données recueillies sur Escherichia coli dans les différentes filières animales.

GELINAS P (2006). Dairy Microbiology Handbook: The Microbiology of Milk and Milk Products (3ème édition). Wiley-Blackwell.

GHAOUES S. (2011).Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de lait reconstitués partiellement écrémés commercialisés algérien. Mémoire du magister en sciences alimentaires. I.N.A.T.A.A. université mentoure-constantine.

GOURSAUD J. (1985). Composition et propriétés physico-chimiques dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Éditions Tec et Doc Lavoisier, Paris.

Références bibliographiques

GUO X, PEISKER K, BACKBRO K, Chen Y, KORIPPELLA RK, MANDAVA CS, SANYAL S, SELMER M. 2012. Structure et fonction de FusB : une protéine de résistance à l'acide fusidique de liaison au facteur G d'élongation active dans la translocation et le recyclage ribosomiques. *Open Biol* 2 : 120016. [[Article PMC gratuit](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

GUPTA V., JAIN A.D.K., GILL N.S et GUPTA K., 2012.Development and validation of HPLC method. *Int. Res. J. Pharm. App Sci.*, 2(4); 17-25.

H. HARRABI, D. LAHIANI, E. ELLEUCH, C.H. MARRAKCHI, B. HAMMAMI, I. MAALOUL, M. BEN JEMAA,I-02 Place des phénicolés dans le traitement des infections neuroméningées. Étude de 37 cas, *Médecine et Maladies Infectieuses*, Volume 39, Supplement 1, 2009, Page S48.

HIDJO, M. M .M, DOUGNON, V., DEDEHOUANOU, H. (2018). EVALUATION LA VIABILITE DES SOUCHES DE SALMONELLE CONSERVEES DANS LE LAIT ECREME AU LABRATOIRE DE L'URMAPHA D'ABOMEKU- CALAVI. EPAC/UAC

HOGAN J., GONZEL R., OLIVIERE S. et PANKEY J.(1999).Etude comparative de la qualité physico chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilayade Ghardâa.

HUNTER; MEYER C.; UILENBERG, G. (2006).La santé animale. Tome 1: Généralités. CTA, Karthala, Quae. Collection: Agricultures tropicales en poche.

ISO 19662:2018. Lait — Détermination de la teneur en matière grasse — Méthode acido butyrométrique (méthode de Gerber). Première édition, 2018-02. Genève, Suisse : Organisation internationale de normalisation (ISO) et Fédération internationale du lait (FIL).

J.HANSEN et B. PERRY. Epidémiologie, diagnostic et prophylaxie des helminthiases des ruminants domestiques. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 1995. M-27, ISBN 92-5-203483-8.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCCHUCK P., BRULE G. (2008).les produits laitiers, 2éme édition, Editions Tec&Doc. Lavoisier. P : 4-14

JEON M., KIM J., PARENG K.J., PARK. S.WET et PAENGIR, (2008) Biotin-avidinmediated competitive enzyme-linked immunosorbent assay to detect residues of tetracyclines in milk. *Microchemical Journal.*, 88(1):26-31.

Références bibliographiques

JEREMY BOUYER, IDRISSE KABORE, FREDERIC STACHURSKI et MARC DESQUESNES, 2014-Traitement épicutané du bétail-LUTTE CONTRE LES ECTOPARASITES DES BOVINS- Unité de recherche sur l'élevage et l'environnement (UREEN) 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, BURKINA FASO.

JOHN HALDEMAM, NICOLAS FEHER, DANIEL GOY, 2016. Le ramassage du lait à la ferme. Dénrées alimentaires Agroscope Transfert, n°104/2016, 2296-7230 (en ligne). Publication-ID (webcode) :35447.

JOOP LENSINK, HELENE LERUSTE, 2012, édition France agricole, Observation du troupeau bovin

JULIE-ANNE CHEMEELE, 2010. Étude par modélisation moléculaire de l'effet allergène des antibiotiques de la famille des β - lactamines, tant sur le plan immédiat que retardé. Médecine humaine et pathologie. Université Claude Bernard – Lyon-Français.

KHALID EL AZIMANI. Les céphalosporines orales : critères de choix. Sciences pharmaceutiques. 1995. ffdumas-01869410f

LABIOUI H., ELMOUALDI L., BENZAKOUR A., EL YACHIOUI M., BERNY E et OUHSSINE M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148(2009), 7-16.

LARBALETIER A. (2015).Traité pratique de laitier. Paris, Garnier frères, libraire-éditeurs.18p.

LAVIGNE JP, RIEGEL P. Place de la spectrométrie de masse en bactériologie [Mass spectrometry in bacteriology]. *Ann BiolClin (Paris)*. 2015 Jan-Feb;73(1):113-25. French. doi: 10.1684/abc.2014.0991. PMID: 25582728.

LEORIL J., BOS C., LOUIS MAUBOIS J., Tome D (2001). Tec et Doc, Lavoisier In DEBBRY.557p.

LUQUET F.M., 1990. Laits et produits laitiers Vache. Brebis .Chèvre, deuxième édition. P:3.
M WOLFF, ML JOLY-GUILOU, O PAJOT, 2008 – Réanimation-Le point sur les carabapénèmes-Comparative review of carbapenems- Elsevier

MANON RACIROT et JEAN PIERRE VAILLABCOURT, 2016. Hygiène à la ferme : que faire avec les bâtiments, l'équipement et les véhicules?

Références bibliographiques

MATALLAH S.F., MATALLAH F., DJEDIDI I., MOSTEFAOUI K.N., BOUKHRIS R. qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au nord-est Algérien.2017.

MATHIEU J. (1998). Initiation a la physicochimie du lait. Tec et Doc, Lavoisier.212p.

MENSAH S.E.P., ABOH A.B., SALIFOUS S., MENSAH G.A., SANDERS P., ABIOLA F.A et KOUDANDE O.D.(2014).Risques dues aux résidus d'antibiotiques détectés dans le lait de vache produit dans le centre Benin. *Journal of applied Biosciences*, 80 :7102-7112.

MEYADA KHALED, 2019-faculté de médecine cours de pharmacologie spéciale-Université batna 2

MILHAUD G., PERSON J. M, (1981). Evaluation de la toxicité des résidus d'antibiotiques dans le lait, Rec. Méd.Vét, 157 (2). p179-185.

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (France). (2018). Composition nutritionnelle des aliments. Extrait de <https://ciqual.anses.fr/>

MOUNIER L., MARIE M., LENSINK B.J., 2007 Facteurs déterminants du bien-être des ruminants en élevage.

OLIVEIRA R., DE PIETRO A. et CASS Q., 2006. Quantification of cephalexin as residue levels in bovine milk by high-performance liquid chromatography with on-line sample cleanup. *Talanta*, 71: 1233-1238.

PARADIS, L., DES ROCHES A, 2009.Allergie aux antibiotiques.

PARTH H. PATEL; MUHAMMAD F. HASHMI, 2022-macrolides-National Library of Medicines.

PIKKEMAAT M.G., 2009. Microbial screening methods for detection of antibiotic residues in slaughter animals. *Anal. Bioanal. Chem*, 395; 893-905.

POINTURIER, H. (2003). La gestion matière dans l'industrie laitière. Éditions Lavoisier, Paris.

POUGHEON S., GOURSAUD J. (2001). Lait, nutrition et santé, édition Tec et Doc, Lavoisier In DEBRY.557p.

QUIGLEY L., O'SULLIVAN O., STANTON C., BERESFOR T.P., ROSS R.P., FITZGERALD G.Fet COTTER P.D. (2013). The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews* 37, 664-698.

Références bibliographiques

RAMET J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO, production et santé animales, no 48, 187p.

REIG M et TOLDRA F., 2008. Veterinary drug residues in meat: Concernes and rapid methods for detection. *Meat Science*, 78(1-2); 60-67.

RUEGG PL. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *J DairySci.* 2017 Dec;100(12):10381-10397. doi: 10.3168/jds.2017-13023. PMID: 29153171.

SEERGERS, S H. ; MENARD JL, ; FOURICHON,C. :Mammites en élevage bovin laitier : importance actuelle, épidémiologie et plans de prévention. *Rencontres Rech. Ruminants*, 1997, (4), 233-242 p.

SMILACK JD. Les tétracyclines. *Mayo clin proc* 1999, 74 :727-729.

SOPHIE DURAND-CHIARUZZI. Les infections par les herpès virus 2, 3 et 4 chez les bovins. *Sciences pharmaceutiques.* 2000. fahal-01731976f.

STOLTZ R, (2008). Les résidus d'antibiotiques dans les denrées d'origine animale : évaluation et maîtrise de ce danger, thèse de doctorat en médecine vétérinaire, université Claude- Bernard- lyon 1, France : 50p, 117p.

THIEULIN, G., et VUILLAUME, R. (1967).Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers e des œufs-revue générale des questions laitiers 48 avenue, président Wilson, paris :71-73(388pages).

VIERLING E.2003. Aliment et boisson. Filière et produit, 2 ème édition, Dion éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. 270p.

VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages)

VILIAN, A.C(2010). Qu'est-ce que le lait? *Revue française d'allergologie*, 50(3) ,124-127.

VINCENT Z., MAUD W,(2021).L'antibiogramme en médecine vétérinaire rurale : utile, indispensable ou superflu ?le guide du praticien en médecine des animaux de production. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire, université Claude- Bernard-lyon 1.

W.KOPACZEWSKI étude physico-chimique du lait. *Le Lait*, 1984,28(273_274),pp .114-141. Hal-00927959

WANG J., Li Y., MUSTAPHA A et LIN M, (2017). Détection rapide des résidus d'antibiotiques dans le lait à l'aide des bandelettes de test Penzym TM. *Journal des sciences laitières.*

Références bibliographiques

WEINTRAUB, 2003. « Ernst Boris Chain (1906-1979) and Penicillin », Bull. IsraelChem. Soc.

WILKIES, DC et KULKARNI, D. (2015). Communication courte : prévalence des agents pathogènes contagieux et environnementaux de la mammite.

ZAIKIN V.G. et HALKET J.M, (2006). Derivatization in mass spectrometry. 8. Soft ionization mass spectrometry of small molecules. European journal of mass spectrometry, 12 (2):79-115.

Annexes

Annexe 01 :Les conditions de prélèvement

Les conditions de prélèvement du lait cru dans l'élevage peuvent être déterminées par différentes normes et réglementations sanitaires, qui varient d'un pays à l'autre. Cependant, voici quelques conditions généralement appliquées pour garantir la qualité et la sécurité du lait cru :

➤ Santé du troupeau : Les vaches doivent être en bonne santé et exemptes de maladies transmissibles, telles que la tuberculose ou la brucellose. Des programmes de surveillance vétérinaire réguliers peuvent être mis en place pour s'assurer de la santé du troupeau.

➤ Contrôles vétérinaires : Des contrôles vétérinaires réguliers peuvent être effectués pour détecter toute maladie ou infection dans le troupeau. Les vaches atteintes de maladies doivent être isolées et leur lait éliminé du circuit de collecte.

➤ Plan de traite : Un plan de traite doit être établi pour chaque ferme, en tenant compte du nombre de vaches à traire, de la fréquence de traite, etc. Ce plan devrait inclure des horaires de traite réguliers et assurer que les vaches ne souffrent pas de stress ou de douleur excessifs.

➤ Hygiène : Une hygiène rigoureuse est essentielle lors de la traite. Les trayons des vaches doivent être nettoyés soigneusement avant la traite, et des gants propres peuvent être utilisés par le personnel de traite. L'équipement de traite doit également être régulièrement nettoyé et désinfecté.

➤ Stockage et refroidissement : Le lait cru doit être stocké dans des conditions appropriées, avec des installations de refroidissement pour réduire rapidement la température du lait après la traite. Cela permet de prévenir la croissance bactérienne et de préserver la qualité du lait.

➤ Collecte et transport : Le lait cru doit être collecté et transporté dans des conteneurs propres et adaptés, assurant la protection contre toute contamination pendant le transport jusqu'à l'usine de transformation.

➤ Formation du personnel : Le personnel impliqué dans la traite doit être formé aux bonnes pratiques d'hygiène et de manipulation du lait pour garantir la qualité du produit final.

Annexe 02 : les sites de prélèvement ainsi des informations sur les vaches laitières.

Ech	Régi	Ind/Col	Type d'élevage	Age	Race
E01	Bouadnane	Individuelle	Extensif	7 ans	Rustique
E02	Bouadnane	Individuelle	Extensif	9 ans	Rustique
E03	Tala n Tazert	Individuelle	Intensif	4ans	Montbéliarde
E04	Tala n Tazert	Individuelle	Intensif	3ans	Montbéliarde
E05	Tala n Tazert	Individuelle	Intensif	5ans	Montbéliarde
E06	Tala n Tazert	Individuelle	Intensif	2.5ans	Montbéliarde
E07	Tala n Tazert	Individuelle	Extensif	6ans	Croisé
E08	Tala n Tazert	Individuelle	Extensif	10ans	Croisé
E09	Derna	Individuelle	Extensif	4ans	Croisé
E10	Derna	Individuelle	Extensif	6ans	Croisé
E11	Derna	Individuelle	Extensif	7ans	Croisé
E12	Derna	Individuelle	Extensif	10ans	Croisé
E13	Derna	Individuelle	Extensif	9ans	Croisé
E14	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	4ans	Flekvin
E15	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	4ans	Flekvin
E16	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	4ans	Flekvin
E17	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	4ans	Flekvin
E18	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	4ans	Flekvin
E19	Ighil n Tsseda	Individuelle	Intensif	3ans	Montbéliarde
E20	IghilnTsseda	Individuelle	Intensif	2.5ans	Holstein
E21	Fliki	Individuelle	Extensif	/	Rouge de prés
E22	Cheurfa	Individuelle	Extensif	/	Prim'Holstein
E23	Tinkicht	Individuelle	Extensif	/	Montbéliarde
E24	Ait Bouada	Individuelle	Extensif	/	Rouge de prés
E25	IghilBouzel	Collecte	Extensif	/	Montbéliarde/ rouge prés
E26	Zerouda	Collecte	Extensif	/	Montbéliarde/ Prim'Holstein
E27	Abizar	Collecte	Extensif	4ans	Montbéliarde

Annexe03 :matériels, réactifset milieu de culture utilisés.

Matériels :

- Des échantillons du lait ;
- Un lactostar ;
- Un acidimètre ;
- Un Ph mètre ;
- Une centrifugeuse ;
- Un bécher ;
- Un butyromètre ;
- Une pipette ;
- Papier whatman ;
- Les disques de papier whatman ;
- Disque antibiotique céphalexine ;
- Une pince ;
- Un papier absorbant ;
- Bain marie ;
- Un autoclave ;
- Des boites de pétri ;
- Une étuve ;
- Des tubes à essai ;
- Un bec bunsen ;
- Une lance ;
- Un écouvillon ;

- Un test Snap Duo St Plus ;
- Une lamelle ;
- Une règle ;
- Un spectrophotomètre ;
- Un microscope optique.

Réactifs :

- NaOH ;
- Phénolphtaléine ;
- Acide sulfurique ;
- Alcool iso amylique ;
- Eau physiologie ;
- Fuchsine ;
- Alcool ;
- Huile d'immersion ;
- Lugol.

Milieu de culture :

- Gélose Mueller Hinton ;
- Une souche de bactérie « *Bacillus stearothermophilus* ».

Annexe 04 : Coloration des grams

1. Préparation du frotti

- ✓ A l'aide d'un écouvillon stérile, prélever une petite quantité de la culture bactérienne.
 - ✓ Déposer la suspension bactérienne prélevée au centre de la lamelle propre et stérile.
 - ✓ Diluer cette suspension avec de l'eau distillée, si elle est trop concentrée.
 - ✓ Etaler délicatement la suspension bactérienne sur la lamelle en réalisant des mouvements circulaires.
- ✓ Sécher le frotti en passant doucement la lamelle plusieurs fois à travers une flamme sans la briser.



Figure23: préparation du frotti.

2. Coloration des grams

La coloration des grams a pour but de montrer la morphologie et le type de la bactérie.

Mode d'opérateur

- ✓ Appliquer la première coloration, le cristal violet sur le frotti et laisser agir pendant 1 min. Le cristal violet se lie à la paroi cellulaire des bactéries.
- ✓ Appliquer ensuite la solution d'iode (Lugol) sur le frotti, se fait en deux fois et laisser agir (chacune en 45 s). Cela renforçant la fixation du colorant dans les bactéries.
- ✓ Effectuer une étape de décoloration en utilisant de l'alcool pendant 10 s.
- ✓ En dernier, appliquer de la Fuchsine et laisser agir pendant 1 min sur le frotti. Cette étape colore les bactéries Gram-négatives.
- ✓ Rincer à l'eau distillée, puis sécher à l'aide d'un papier absorbant.
- ✓ Ajouter une goutte d'huile d'immersion sur la lamelle.
- ✓ Observer les bactéries avec un microscope optique.



Figure24 : coloration du gram.

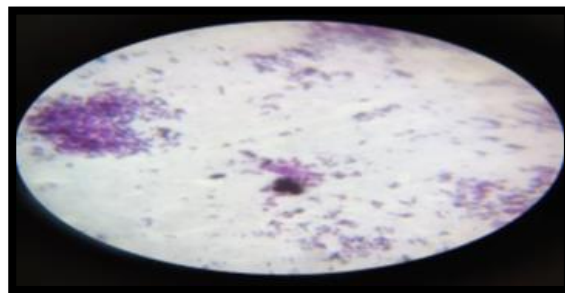


Figure25: observations de la souche avec un microscope optique.

Annexe 05 : Les normes du lait

Paramètres	Normes
pH	6.6 à 6.8 (AFNOR)
Acidité titrable	16 et 18 D° (AFNOR 1985)
Densité	1028 à 1033 (FAO 2010)
Matière grasse	32 à 36 g/l (AFNOR 1993)
Lactose	47 à 50 g/l (AFNOR 1985)
Protéine	28 à 36 g/l (NIE)
ESD	87 à 90 (AFNOR)