

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



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

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

En

Médecine vétérinaire

THEME

Effet de l'utilisation d'un acide organique et d'un capteur de mycotoxine sur la composition chimique du lait de la vache

Présenté par :

Melle BENLAHBIB Yassamine

Melle BENRAHMOUNE Meriem

Melle LADJICI Lyna

Soutenu publiquement, le 06 juillet 2023 devant le jury :

Mr KHELAF Djamel

Professeur (ENSV)

Président

Mme BAZIZI Ratiba

MCA (ENSV)

Examinatrice

Mme MIMOUNE Nora

MCA (ENSV)

Promotrice

2022/2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



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

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

En

Médecine vétérinaire

THEME

Effet de l'utilisation d'un acide organique et d'un capteur de mycotoxine sur la composition chimique du lait de la vache

Présenté par :

Melle BENLAHBIB Yassamine

Melle BENRAHMOUNE Meriem

Melle LADJICI Lyna

Soutenu publiquement, le 06 juillet 2023 devant le jury :

Mr KHELAF Djamel

Professeur (ENSV)

Président

Mme BAZIZI Ratiba

MCA (ENSV)

Examinatrice

Mme MIMOUNE Nora

MCA (ENSV)

Promotrice

2022/2023

Déclaration sur l'honneur

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

Signature :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Y. Benlahbib', written in a cursive style.

Déclaration sur l'honneur

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

Signature :



Déclaration sur l'honneur

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

Signature :



REMERCIEMENT

En tout premier lieu, nous remercions le bon **Dieu**, tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements : à Dr **MIMOUNE Nora**, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa disponibilité, sa gentillesse et sa patience tout au long de la réalisation de ce mémoire. Pour tout cela, nous tenons à vous exprimer toute notre gratitude.

Aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer notre travail.

*Un grand merci au **Pr KHELEF Djamel**, pour ses conseils, sa disponibilité et de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury de soutenance.

* **Dr BAAZIZI Ratiba**, nous vous présentons nos sincères remerciements d'avoir accepté d'évaluer ce travail en prenant part à ce jury.

Un grand et sincère remerciement à **Dr DEGUI Djilali**, pour son aide et disponibilité quant à la réalisation des analyses statistiques.

Nous tenons à remercier également **Dr ZOUAN Aymen** pour son aide et disponibilité ainsi que pour sa gentillesse.

Pour finir, nous souhaitons exprimer notre sincère appréciation et notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Au nom d'Allah, Le Clément, Le Miséricordieux Louange et Gloire à Dieu, le Tout Puissant, qui nous a permis de mener à bien notre modeste travail. Prière et bénédictions d'Allah sur le prophète Mohamed

Paix et Salut sur lui

Je dédie ce projet :

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel pour vous. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mes frères DJALAL et HAMZA

A mes chères sœurs HANANE, DJIHANE, SAIDA, MANAL, AICHA et SIRINE

A mes chères tantes FATIHA, HADJIRA et MBARKA

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mes chers grand-pères et mes grand-mères

A mes chères collègues MERIEM, LYNA

Pour ses ententes et ses sympathies.

Pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

Mes chères amies AMINA, INES, KENZA, SARA, SELSABIL

Pour leurs aides et support dans les moments difficiles et pour les bons moments et les souvenirs inoubliables.

A toute ma famille

Et à tous ceux qui me sont chers, ceux que j'aime et qui m'aiment

A Tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

Yassamine

Dédicace

Avec l'aide de ALLAH le tout puissant qui a voulu et qui a permis que ce jour arrive par sa miséricorde sa bonté, ce travail fut accompli et je le dédie à :

A mon très cher père « Mohand »,

A celui qui a été toujours mon support dans cette vie, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager,

À me donner l'aide et à me protéger.

A ma Chère Maman « Dalila »,

A celle qui mérite toute ma reconnaissance, que Dieu la protège pour moi. Je lui souhaite une bonne santé et une longue vie, je te porte toujours très ancre dans mon cœur.

Merci infiniment.

A mes chères adorables sœurs : Nesrine et Nadine et a mon frère : Adem, pour leurs amours.

Que dieu les protège et leurs offre La chance et le bonheur.

A ma très chère grande mère « Khadouja » que Allah la garde et la protège.

A mes Chères tantes Ratiba, Hassiba et Nawal,

Et A mon unique cher oncle Yassine que dieu les protège.

A mes très chères Amies : Kawther, Soundous, Mélissa, Rania, Zineb, Maria et Fatima ;

Au nom de l'amitié qui nous réunit, et au nom de nos souvenirs inoubliables.

A mes collègues Meriem et Yassamine qui ont partagé tous mes hauts et bas tout au long de mon parcours universitaire que dieu les Protège.

A tous ceux qui me sont chères

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

A Tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

Lyna

Dédicace

Après avoir rendu grâce à **Dieu** le tout Puissant et Micropieux, qui nous a permis de mener à bien notre modeste travail. Prière et bénédictions d'Allah sur le prophète Mohamed.

A mes chers parents. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

La plus sincère. A ma chère sœur jumelle sabrine, qui a partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la vie. Elle m'a chaleureusement supporté et encouragé tout le long de mon parcours.

A mon chat Sasha merci pour ta douceur, pour ces 8ans passés à mes côtés c'est vraiment triste de te perdre.

A mon chers frère Hichem et ma belle-sœur Hanane, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite et a toute ma famille

A mes chères trinômes Yassamine et Lyna pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A mes chères amies Imen, Meriem, Rihab, Lyna, Yassamine, Kaouther en témoignage de l'amitié et la fraternité qui nous unissent et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur. Puisse Dieu protégé notre amitié.

Meriem

Sommaire

Partie bibliographique

Introduction:..... 1

Chapitre I : Acide organique

I.1.Acide organique..... 3

I.1.1. Définition..... 3

I.1.2. Mécanisme et mode d'action 3

I.1.2.1. Effet acidifiant 4

I.1.2.2. Effet antimicrobien spécifique..... 4

I.2. Usage des acides organiques en nutrition des animaux..... 6

I.2.1. Usage dans la conservation des aliments 7

I.2.2. Usage comme alternative aux antibiotiques 8

I.3.Effet de l'acide malique sur la digestion ruminale 9

Chapitre II : Capteur de mycotoxine

II.1. Capteur de mycotoxine..... 11

II.1.1. Définition..... 11

II.1.2. Bentonite 11

II.1.3. Sépiolite..... 11

II.2. Paroi des cellules de levure (PCL) 12

Partie expérimentale

1.Objectif de l'essai..... 13

2. Région d'étude 13

3. Description de la ferme 13

4.Matériel et méthode 13

4.1. Matériel animal 13

4.2. Prélèvement de lait..... 13

4.2.1. Matériel de prélèvements 14

5. Traitement des données.....	17
5.1. Analyse descriptive	17
5.2. Analyse statistique	17

Résultats et discussion

Résultats	18
Etude descriptive des variables	18
Discussion	21
Annexe	26

Résumé

Ce travail avait pour objectif d'évaluer l'impact de l'incorporation d'un additif alimentaire contenant un mélange d'acides organiques et un capteur de mycotoxines sur la composition chimique du lait chez les vaches laitières.

Pour cela 26 génisses appartenant à la race Montbéliarde, ont fait l'objet de l'étude. Les vaches ont été réparties en 2 lots, un lot témoin avec 12 vaches et un lot expérimental avec 14 vaches. Les résultats obtenus montrent que l'acide organique a eu un effet positif globale sur la composition chimique du lait dont le taux butyreux 1.961 ± 2.556 pour lot expérimental et 2.348 ± 2.570 pour lot témoin, et le taux protéique 3.291 ± 0.358 pour lot expérimental et 4.790 ± 5.054 pour lot témoin. En outre, l'additif a également eu un effet bénéfique sur le taux de mammites subcliniques observé chez les vaches. L'évaluation du CMT effectuée à un intervalle d'un mois pour les animaux a clairement démontré une amélioration nette de la santé des mamelles des vaches faisant l'objet de l'expérimentation, avec cinq prélèvements positifs dans le groupe témoin et seulement un prélèvement positif dans le groupe expérimental.

Mots clés : vache laitière, taux butyreux, acide organique, capteur de mycotoxines, mammites subcliniques.

Abstract

This work aimed to evaluate the impact of the incorporation of a feed additive containing a mixture of organic acids and a mycotoxin scavenger on the chemical composition of milk in dairy cows.

For this, 26 heifers belonging to the Montbéliarde breed were the subject of the study. The cows were divided into 2 batches, a control batch with 12 cows and an experimental batch with 14 cows. The results obtained show that the organic acid had an overall positive effect on the chemical composition of the milk, the butter content of which was 1.961 ± 2.556 for the experimental batch and 2.348 ± 2.570 for the control batch, and the protein content 3.291 ± 0.358 for the experimental batch. and 4.790 ± 5.054 for the control batch. In addition, the additive also had a beneficial effect on the rate of subclinical mastitis observed in cows. The evaluation of the CMT carried out at an interval of one month for the animals clearly demonstrated a marked improvement in the health of the udders of the cows subject to the experiment, with five positive samples in the control group and only one sample positive in the experimental group.

Key words: dairy cow, butterfat content, organic acid, mycotoxin sensor, subclinical mastitis.

الملخص:

هدف هذا العمل إلى تقييم تأثير إضافة مواد غذائية تحتوي على مزيج من الأحماض العضوية ومستشعر للميكوتوكسينات على التركيب الكيميائي للحليب في الأبقار الحلابة.

لهذا الغرض، تمت دراسة 26 عجلة من سلالة مونت بليارد. تم توزيع البقر على مجموعتين، مجموعة ضابطة تحتوي على 12 بقرة ومجموعة تجريبية تحتوي على 14 بقرة. أظهرت النتائج المتحصلة أن الأحماض العضوية كان لها تأثير إيجابي على التركيب الكيميائي للحليب، حيث بلغت نسبة الدهن 2.556 ± 1.961 في المجموعة التجريبية و 2.570 ± 2.348 في المجموعة الضابطة، ونسبة البروتين 0.358 ± 3.291 في المجموعة التجريبية و 5.054 ± 4.790 في المجموعة الضابطة. بالإضافة إلى ذلك، كان للمواد الغذائية تأثير إيجابي أيضًا على معدل الالتهابات الضرعية السريرية التي تعاني منها البقر. أظهر تقييم CMT الذي أجري بفاصل زمني شهري للحيوانات تحسنًا واضحًا في صحة الضروع للبقر التي خضعت للتجربة، حيث تم تحليل خمس عينات إيجابية في المجموعة الضابطة فقط، بينما تم تحليل عينة واحدة إيجابية في المجموعة التجريبية.

الكلمات الرئيسية: البقر الحلوب، نسبة الدهن، الأحماض العضوية، مستشعر الميكوتوكسينات، الالتهابات الضرعية السريرية.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFB1 : Aflatoxine B1.

AGV : acide gras volatil.

BEN : Bilan énergétique négatif

C: conductivité

CMT : California Mastitis Test.

D: densité .

DON : Déoxynivalénol.

FAT, MG : matières grasses .

FB : Fumonisines B.

FP : point de congélation.

g : gramme

Kg : Kilogramme.

L : lactose.

OTA: Ochratoxine A.

PCL : paroi des cellules de levure.

pH : puissance d'Hydrogène.

pKa : pouvoir d'ionisation acide.

SNG: solides non gras.

TB : Taux butyreux.

TP : Taux protéique.

UHT: ultra haute température.

ZEN : Zéaralénone.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les moyennes des paramètres physico-chimiques du lait lors de la 1ere visite.....	18
Tableau 2 : Les moyennes des paramètres physico-chimiques du lait et test CMT lors de la 2eme visite.	19
Tableau 3 : résultats du test CMT chez les vaches	20

Listes des figures

Figure 1 : Localisation de la commune de Freha dans la wilaya de Tizi Ouzou.	13
Figure 2 : Technique de réalisation CMT (photo personnelle).....	14
Figure 3 : Le Lactoscan (photo personnelle)	15
Figure 4 : Réalisation la traite chez les génisses avec machine à traite (photo personnelle).....	16
Figure 5 : Evolution des moyennes des paramètres laitiers de Lactoscan lors de la 1ere visite.....	20
Figure 6: Evolution des moyennes de paramètres laitiers de Lactoscan lors de la 2éme visite.	21

Introduction:

La consommation de lait joue un rôle essentiel dans le modèle alimentaire algérien, représentant environ 22% des importations alimentaires totales du pays. Étant donné le déficit en protéines d'origine animale, la population se tourne généralement vers la consommation de lait en raison de sa richesse en nutriments, ce qui permet de pallier le manque d'autres produits coûteux comme la viande. Cependant, la production laitière, que ce soit au niveau de l'industrie ou des exploitations laitières, n'a pas suivi le rythme de la demande nationale (BESSAOUD, 2019).

En raison des récentes crises alimentaires liées à la présence de pesticides et de mycotoxines, les consommateurs sont de plus en plus préoccupés par les risques liés à l'alimentation. Alors que les risques d'infection et de parasitose sont bien compris, le risque associé aux toxines naturelles présentes dans les aliments reste souvent méconnu. Cependant, la contamination des aliments destinés à la consommation humaine ou animale par ces toxines peut entraîner divers problèmes de santé, voire des maladies graves (YIANNIKOURIS, ET JOUANY, 2002).

Il existe une certaine inquiétude au sein de la population concernant les résidus d'antibiotiques dans les aliments résultant de l'utilisation généralisée de ces médicaments en élevage. Afin de répondre aux attentes des consommateurs, il est nécessaire de réduire le nombre de traitements administrés par vache (CVETNIC ET AL., 2016 ; SAIDI ET AL., 2021).

Afin de répondre aux besoins nutritionnels nécessaires pour les animaux et leurs fonctions physiologiques normales, telles que le maintien d'un système immunitaire naturel hautement efficace, la croissance et la reproduction ; et répondre aux attentes des consommateurs, une variété croissante d'additifs alimentaires non nutritifs est utilisée dans les aliments pour animaux (SVITAKOVA, 2014).

Les additifs alimentaires sont des produits utilisés dans l'alimentation animale pour améliorer la qualité de l'alimentation et la qualité des produits d'origine animale, ou pour améliorer les performances et la santé des animaux. Ces derniers sont ajoutés en petites quantités dans un but spécifique, afin de favoriser la santé des vaches. Les probiotiques, les prébiotiques, les substances phyto-géniques, les stimulateurs immunitaires, les enzymes, les hormones, les adsorbants de mycotoxines, les acides organiques, etc., sont les meilleurs additifs alimentaires fonctionnels pour gérer et réguler les performances animales et améliorer la rentabilité de l'exploitation (LAURIMAR FIORENTIN et al, 2005 ; JIANCHENG ZHANG et al, 2015).

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'utilisation d'acide organique et de capteur de mycotoxine sur la composition chimique du lait, tout en mesurant les paramètres physico-chimiques du lait à l'aide d'un appareil appelé « Lactoscan ».

Partie bibliographique

Chapitre I

I.1.Acide organique

I.1.1. Définition

Le terme « acide organique » fait référence à une large classe de composés utilisés dans les processus métaboliques fondamentaux du corps. Ils sont largement distribués dans la nature en tant que constituants des plantes ou des tissus animaux et également formés par voie microbienne par fermentation des glucides, principalement dans la voie digestive. Dans les environnements anaérobies, les matières organiques sont incomplètement oxydées et les acides organiques sont les principaux produits finaux du catabolisme des glucides et des acides aminés. (RUSSELL et DIEZ-GONZALEZ 1998). Les acides organiques contiennent généralement tous les acides carboxyliques, certains acides aminés. Les acides gras à chaîne courte sont également contenus dans ce groupe. (DIBNER et al, 2002 ; HAJATI, 2018) Chimiquement ils sont considérés comme des acides carboxyliques organiques, de structure générale R-COOH, (DIBNER et al, 2002) présentant des propriétés acides. Les acidifiants comprennent soit des acides monocarboxyliques simples (acides formique, acétique, propionique et butyrique) ou des acides carboxyliques à groupement hydroxyle (acides lactique, malique, tartrique et citrique) soit des acides carboxyliques à chaîne courte contenant des doubles liaisons (acides fumarique et sorbique) (SHAHIDI, 2014 ; PEARLIN et al, 2020) On les trouve aussi sous forme de sodium, potassium ou des sels de calcium. (PAPATSIROS et al, 2013).

I.1.2. Mécanisme et mode d'action

Les activités d'un acide sont influencées par plusieurs facteurs, tels que la capacité tampon du milieu, la présence de composés organiques (par exemple, la caséine dans les produits laitiers acides), la concentration en acide, la structure de l'acide (comme la longueur de la chaîne et la saturation), ainsi que l'utilisation de sels acides ou de mélanges d'acides (CHERRINGTON et al, 1991).

Il a été constaté que chaque acide individuel possède ses propres effets microbiens et acidifiants. En général, un mélange ou une combinaison de plusieurs acides présente différentes valeurs de pKa et un large spectre d'activité, ce qui permet de maintenir un pH optimal dans le tractus intestinal (NGUYEN et al, 2020).

Le fonctionnement et le mode d'action de ces acides dépendent de leur pH et de leur valeur de pKa. En fait, les acides organiques ayant une valeur de pKa élevée sont des acides plus faibles, ce qui les rend plus efficaces en tant que conservateurs alimentaires. En étant présents dans les aliments sous une forme non dissociée plus élevée, ils peuvent protéger les aliments contre les infections fongiques et microbiennes (NGUYEN et al, 2020).

Ainsi, plus le pKa d'un acide organique est faible (ce qui signifie une proportion plus élevée de forme dissociée), plus son effet sur la réduction du pH est important. Cependant, son effet antimicrobien dans les parties les plus distales du tube digestif lors de son transit est moins prononcé. Un acide fort

(avec un faible pKa) acidifiera l'aliment et l'estomac, mais n'aura pas d'effets directs significatifs sur la microflore intestinale.

En effet, les acides ont un double effet antimicrobien : un effet par l'acidification du milieu et un effet spécifique à l'intérieur des micro-organismes.

I.1.2.1. Effet acidifiant

Les acides organiques agissent de différentes manières, notamment en réduisant le pH gastrique où La capacité tampon des régimes alimentaires. Cela entraîne une réduction des agents pathogènes dans l'estomac, la destruction directe des bactéries, l'équilibre de la population microbienne et la promotion de la croissance des bactéries bénéfiques (PAPATSIROS et al, 2013).

Les acides organiques et les sels ayant un faible pKa exercent des effets inhibiteurs de croissance sur les micro-organismes en réduisant le pH externe. Selon PEARLIN et al (2020), les acidifiants inhibent la croissance des bactéries pathogènes et réduisent la compétition microbienne en influençant le pH externe.

La plupart des bactéries sensibles au pH, telles que *E. coli*, *Salmonella* et *Clostridium perfringens*, ont une prolifération minimale en dessous d'un pH de 5 et sont incapables de se développer dans des conditions acides extrêmes (pH inférieur à 4,5). Cependant, les bactéries tolérantes aux acides peuvent survivre dans ces conditions. Pour une croissance optimale, chaque espèce bactérienne a besoin d'un pH spécifique. Cependant, la sensibilité au pH varie d'un micro-organisme à l'autre. Par exemple, le pH interne varie de 6,5 pour les acidophiles à 9 pour certains alcalophiles. Les bactéries tolérantes aux acides, comme *Lactobacillus* sp. et *Bifidobactéries* sp., peuvent supporter le déséquilibre entre le pH externe et interne, car les acides peuvent quitter les bactéries et retrouver leur forme non dissociée à un pH interne inférieur (PEARLIN, 2020).

Dans le cas des bactéries Gram-positives, le niveau élevé de potassium intracellulaire peut également neutraliser les anions acides (RUSSELL et DIEZ-GONZALEZ, 1998).

I.1.2.2. Effet antimicrobien spécifique

Les acides organiques, en plus de leur effet inhibiteur dû à la diminution du pH, ont également une action directe bactéricide. Les acides faibles montrent une activité antimicrobienne plus prononcée à un pH bas qu'à un pH neutre (SALMINEN, 1998). Cela signifie que leur effet est plus marqué dans des conditions acides, telles que l'estomac, et moins important à un pH neutre, comme dans l'intestin. Les acides organiques les plus couramment utilisés sont les acides gras à chaîne courte, tels que l'acide formique, l'acide propionique, l'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide citrique et l'acide malique, qui est un acide dicarboxylique. Ce sont généralement des acides organiques faibles (NGUYEN et

al., 2020), ce qui leur permet d'agir plus efficacement pour inhiber les microorganismes, en agissant sur le pH intracellulaire.

L'importance d'un pH bas sur l'activité antimicrobienne des acides organiques peut être expliquée par son effet sur la dissociation de l'acide. À un faible pH, une plus grande partie de l'acide organique se trouve sous forme non dissociée (DIBNER et BUTTIN, 2002). Il est rappelé que les acides sont caractérisés par une valeur appelée pKa, qui correspond au pH auquel il y a un équilibre entre les formes dissociées (COO⁻) et non dissociées (COOH) : plus le pH est inférieur au pKa, plus l'acide se trouve sous forme non dissociée. Or, c'est cette forme non dissociée qui possède un effet spécifique (en plus de l'effet acidifiant) sur les microorganismes. Selon ACHESON (1999), les formes non dissociées des acides organiques sont plus bactéricides.

La capacité d'un acide à inhiber les microorganismes dépend de sa valeur de pKa, qui correspond au pH auquel 50 % de l'acide est dissocié. La plupart des acides ayant une activité antimicrobienne présentent des valeurs de pKa situées entre 3 et 5 (DIBNER et BUTTIN, 2002).

Les acides organiques non dissociés sont lipophiles et peuvent facilement pénétrer la membrane cellulaire bactérienne (HOLTZAPFEL, 1998), ainsi que celle des moisissures (MROZ, 2006 ; PARTANEN, 2001), ce qui réduit le pH intracellulaire et ralentit les activités métaboliques des bactéries (TAYLOR, 2005) tout en bloquant certains mécanismes de transport (PARENTE, 1994). Une fois à l'intérieur de la cellule bactérienne, le pH élevé de son cytoplasme provoque la dissociation de l'acide, et la baisse consécutive du pH intracellulaire perturbe les réactions enzymatiques et les systèmes de transport des nutriments (CHERRINGTON et al., 1991).

De plus, le processus de transport des protons libres hors de la cellule nécessite de l'énergie, ce qui contribue à réduire la disponibilité d'énergie pour la prolifération bactérienne, entraînant un certain degré de bactériostase (DIBNER et BUTTIN, 2002).

En effet, les acides organiques associés à une activité antimicrobienne spécifique sont des acides à chaîne courte (C1-C7), soit des acides monocarboxyliques simples tels que l'acide formique, acétique, propionique et butyrique, soit des acides carboxyliques comportant un groupe hydroxyle tels que l'acide lactique, malique, tartrique et citrique.

Les acides organiques sont plus efficaces à faible pH, c'est-à-dire sous forme non dissociée, et leur efficacité est maximale au niveau ou en dessous du pKa de l'acide.

De plus, l'inhibition de la croissance microbienne par des acides faibles implique une diffusion rapide des molécules non dissociées à travers la membrane plasmique. La dissociation de ces molécules à l'intérieur des cellules libère des protons, acidifiant ainsi le cytoplasme et empêchant la croissance fongique (LEVITAL et al., 2009).

Il a également été démontré que les sels de certains de ces acides présentent des effets antimicrobiens. D'autres acides, tels que l'acide sorbique et fumarique, possèdent une certaine activité antifongique et

sont des acides carboxyliques à chaîne courte contenant des doubles liaisons (DIBNER et BUTTIN, 2002).

L'activité antimicrobienne dépend entièrement de l'acide utilisé. Par exemple, les acides formique et propionique ont une activité à large spectre contre les bactéries et les champignons, tandis que l'acide lactique est principalement efficace contre les bactéries, et l'acide sorbique est bien connu pour son efficacité contre les moisissures (HAJATI, 2018).

Le sel de calcium de l'acide propionique, qui est un conservateur puissant, ne présente aucun danger pour la santé et n'apporte que peu ou pas de saveur aux taux d'utilisation normaux. Il est très efficace contre les moisissures et les bactéries, et est principalement utilisé dans l'industrie alimentaire, l'alimentation animale et les produits pharmaceutiques (ALAM et al., 2014).

L'acide propionique a un effet inhibiteur sur l'absorption de molécules de substrat, telles que le phosphate et les acides aminés. Il peut également perturber les gradients électrochimiques dans la membrane cellulaire et les processus de transport. L'activité antimicrobienne du propionate de calcium est due à la forme neutre de l'acide propionique non dissocié, qui est lipophile et facilement soluble dans les membranes cellulaires des champignons (ZHANG et al., 2020).

I.2. Usage des acides organiques en nutrition des animaux

Les acides organiques tels que l'acide sorbique et propionique sont utilisés depuis longtemps dans l'agriculture animale pour la conservation des aliments et la réduction de la croissance bactérienne et des moisissures (HAJATI, 2018). Ces acides agissent de manière similaire sur la microflore intestinale et les aliments pour animaux, modifiant les populations microbiennes en fonction de leur spectre d'activité antimicrobienne. Dans les aliments pour animaux, ils contrôlent principalement la croissance fongique, tandis que dans l'intestin, ce sont principalement les bactéries qui sont affectées par les conditions acides. Il est important de noter que le mécanisme d'action des acides organiques diffère de celui des acides inorganiques tels que l'acide chlorhydrique (DIBNER et BUTTIN, 2002). Depuis des décennies, il est bien connu que les acides organiques peuvent protéger les aliments pour animaux contre la détérioration microbienne et fongique, et avoir un effet direct sur la nutrition animale en influençant le pH de l'estomac et la flore intestinale. Ces effets ont été prouvés dans de nombreux essais en laboratoire et sur le terrain (LÜCKSTÄDT et al., 2004).

Les acides organiques alimentaires sont largement utilisés en raison de leur activité antimicrobienne, qui réduit le pH dans le tractus gastro-intestinal (KIM et al., 2015). Ils peuvent jouer un rôle dans la lutte contre les bactéries pathogènes et améliorer l'utilisation des nutriments et les performances de croissance des animaux (NGUYEN et al., 2018 ; NGUYEN et al., 2020).

De nombreux acides organiques sont également utilisés en nutrition animale sous forme de sels de sodium, de potassium ou de calcium. Ces sels présentent des avantages tels qu'une odeur réduite, une

manipulation plus facile lors de la fabrication des aliments, une moindre corrosivité et une meilleure solubilité dans l'eau par rapport aux acides libres (PEARLIN et al., 2020).

I.2.1. Usage dans la conservation des aliments

Les acides organiques couramment utilisés en nutrition animale sont généralement caractérisés par leur courte chaîne carbonée, comprenant jusqu'à sept carbones. Ces acides sont privilégiés en raison de leur activité antimicrobienne et de leur capacité à être facilement métabolisés par l'organisme animal, étant donné leur présence naturelle dans le corps.

Dans l'élevage réussi, il est essentiel de fournir en continu des aliments de haute qualité aux animaux tout au long de l'année. Même dans des conditions d'hygiène adéquates, des facteurs tels qu'une humidité élevée et un environnement chaud peuvent favoriser la croissance de champignons, de levures et de bactéries, ce qui diminue la valeur nutritive de l'aliment en dégradant son amidon et ses protéines.

Les agents conservateurs, selon le type d'organisme et le niveau d'infection, inhibent la croissance microbienne et réduisent l'absorption d'agents pathogènes par l'animal, évitant ainsi des risques pour sa santé. Par exemple, dans le cas de l'ensilage, qui est produit par la fermentation de cultures très humides comme l'herbe, les légumineuses et le maïs, il est crucial de réduire rapidement les valeurs de pH de ces cultures après la récolte. Cela peut être accéléré en ajoutant des acides inorganiques et organiques, dont l'acide formique est couramment utilisé seul ou en combinaison avec d'autres produits chimiques.

Les acides organiques ont été largement utilisés pour améliorer la conservation des fourrages et des céréales afin de minimiser la détérioration des aliments causée par les bactéries et les champignons. L'ajout d'acides organiques peut améliorer la qualité de l'ensilage en favorisant une baisse rapide du pH au début du processus d'ensilage et en agissant comme agents antifongiques.

Parmi les acides organiques utilisés dans l'alimentation animale, on retrouve les acides formique, acétique, propionique, butyrique, lactique, sorbique, fumarique, tartrique, citrique, benzoïque et malique. Chaque acide a des effets antimicrobiens variables, qui dépendent de sa concentration et du pH.

L'acide propionique présente la plus grande activité antifongique parmi les acides organiques à chaîne courte. Son effet antifongique augmente à mesure que le pH diminue. Il a été rapporté que l'acide propionique améliore la stabilité aérobie de l'ensilage de maïs et des épis de maïs à forte humidité, ce qui en fait un conservateur idéal pour les fourrages céréaliers. Les additifs à base d'acide propionique peuvent compenser partiellement une mauvaise gestion des silos et prévenir le réchauffement et la détérioration des aliments dans les mangeoires.

Les sels de propionate, tels que le sel de calcium de l'acide propionique, sont largement utilisés comme conservateurs antimicrobiens dans l'industrie des aliments fermentés. Ils inhibent la croissance des moisissures et réduisent l'incidence de l'aflatoxicose chez les animaux. Les sels de propionate combinés avec les acides lactique et acétique peuvent également inhiber la croissance de *Listeria monocytogenes*.

En réduisant la détérioration des aliments, l'ajout d'acides organiques permet également de réduire la production de chaleur, évitant ainsi la perte d'énergie et le rejet d'aliments par les animaux en raison d'une mauvaise appétence.

I.2.2. Usage comme alternative aux antibiotiques

Depuis le 1er janvier 2006, l'utilisation d'antibiotiques en tant que facteurs de croissance dans la nutrition animale est totalement interdite dans l'Union européenne (UE) en raison des risques pour la santé animale et la sécurité alimentaire, conformément à l'article 11-2 du règlement (CE) n°2003/1831.

Cette interdiction a conduit au développement d'alternatives aux antibiotiques, et des additifs non antibiotiques ont été développés pour une utilisation prophylactique contre les agents pathogènes ou comme facteurs de croissance (PAPATSIROS et al., 2013).

Les acides organiques, tout comme les antibiotiques, ont une activité antimicrobienne qui présente un avantage clair et significatif pour la santé et le développement de l'intestin, ce qui a finalement un effet positif sur la santé et la productivité des animaux.

Les acides organiques, utilisés comme acidifiants dans les aliments pour animaux, sont considérés comme des alternatives aux antibiotiques pour améliorer la digestibilité des nutriments. De plus, les acides organiques ont des effets supplémentaires qui vont au-delà de ceux des antibiotiques, tels que la réduction du pH du tractus digestif et l'augmentation des niveaux de sécrétion pancréatique (NGUYEN et al., 2020).

La supplémentation en acides organiques a un effet positif sur la digestion, ce qui entraîne une meilleure absorption des nutriments essentiels (NGUYEN et al., 2020). Ces effets positifs peuvent être attribués à divers facteurs, notamment l'activité antimicrobienne des acides organiques non dissociés, la diminution du pH dans le tube digestif (en particulier dans l'estomac) facilitant la digestion des protéines, la diminution du taux de vidange de l'estomac, la stimulation de l'excrétion et de l'activité des enzymes pancréatiques dans l'intestin grêle, ainsi que la fourniture de nutriments au tissu intestinal, ce qui améliore l'intégrité et la fonction de la muqueuse.

I.3.Effet de l'acide malique sur la digestion ruminale

Selemonas ruminantium est une bactérie à gram négatif présente dans la population microbienne ruminale à hauteur de 51% (CALDWELL et BRYANT, 1966). Cette bactérie est capable de croître dans différentes conditions d'alimentation et de fermentation des glucides solubles (HUNGATE, 1966). En culture discontinue avec du glucose, elle effectue une fermentation homolactique (HOBSON, 1965). Cependant, en l'absence de glucose, *S. ruminantium* utilise le lactate comme source de carbone et d'énergie, mais seules certaines souches peuvent fermenter le lactate (STEWART et BRYANT, 1988) (MARTIN, 1998).

Le fumarate et le malate, deux sels d'acides dicarboxyliques, sont des intermédiaires importants du cycle de l'acide citrique présents dans les tissus biologiques (NELSON et COX, 2000 ; CRESPO et al., 2002). Certaines bactéries anaérobies utilisent un cycle réducteur de l'acide citrique appelé voie succinate-propionate pour synthétiser le succinate et/ou le propionate (GOTTSCHALK, 1986 ; MARTIN et STREETER, 1995 ; NELSON et COX, 2000). *S. ruminantium* utilise le malate et le fumarate dans cette voie métabolique, produisant du malate, du fumarate, du succinate et du succinyl-CoA à partir de l'oxaloacétate en inversant le flux du cycle de l'acide citrique (NELSON et COX, 2000).

Dans le rumen, *S. ruminantium* utilise le lactate comme source de carbone et d'énergie, mais cela entraîne une diminution de l'oxaloacétate en raison de la gluconéogenèse, ce qui limite la croissance (LINEHAN et al, 1978). L'ajout de malate permet à *S. ruminantium* d'utiliser plus efficacement le lactate en fournissant un puits d'électrons pour H₂, ce qui augmente son utilisation (NISBET et MARTIN, 1990). De plus, le malate surmonte la carence en oxaloacétate associée à la gluconéogenèse, augmentant ainsi les niveaux d'oxaloacétate et favorisant la production de glucides cellulaires (MARTIN, 1998).

Des études ont montré que l'ajout de malate dans le milieu de culture de *S. ruminantium* favorise une meilleure absorption du lactate (NISBET et MARTIN, 1991). De plus, l'ajout de malate permet à *S. ruminantium* de se développer à pH acide et d'utiliser des concentrations élevées de lactate, ce qui est pertinent pour l'acidose ruminale (COUNOTTE et al., 1981).

D'autres études ont également montré que l'ajout de malate dans l'alimentation des ruminants augmente le pH ruminal, stimule la fermentation et améliore la production totale d'AGV (CRESPO et al., 2002 ; CARRO et RANILLA, 2003) ont étudié les effets de différentes concentrations de malate disodique de calcium (4, 7 et 10 mM) sur la fermentation ruminale in vitro en utilisant quatre espèces de céréales : maïs, orge, blé et sorgho. Ils ont observé que pour tous les substrats, une augmentation de la concentration de malate entraînait une augmentation du pH final. L'ajout de malate augmentait la production de CO₂ pour tous les substrats et réduisait particulièrement la production de CH₄, en particulier pour l'orge et le blé.

Le traitement au malate augmentait la production totale d'acides gras volatils (AGV) pour tous les substrats. Toutes les concentrations de malate réduisaient la concentration de l-lactate pour tous les substrats. Ces résultats suggèrent que le malate a un effet stimulant sur la fermentation, probablement en raison de changements dans les populations bactériennes et/ou dans leur activité. Les effets étaient plus prononcés avec une augmentation de la concentration de malate, mais aucune amélioration significative n'a été observée en passant de 10 mM à 7 mM.

Cependant, le malate est un produit coûteux, ce qui rend son inclusion en tant qu'additif alimentaire dans les régimes des ruminants économiquement peu réalisable. Des études antérieures ont suggéré que les fourrages pourraient être utilisés comme source d'acides di carboxyliques pour compenser cela. Les tissus végétaux contiennent des intermédiaires du cycle de l'acide citrique, et le malate peut représenter jusqu'à 1,5 % de la matière sèche des graminées mures.

Dans certains cas, les vaches utilisent leur graisse corporelle comme source d'énergie, ce qui peut entraîner une mobilisation excessive de la graisse corporelle et provoquer des problèmes de cétose et de stéatose hépatique. L'adaptation du rumen à un régime à haut pourcentage d'énergie peut contribuer à réduire la susceptibilité aux maladies périnatales chez les vaches laitières, en maintenant un apport en matière sèche adéquat, une normo calcémie et un système immunitaire fort.

Cette étude n'a pas montré d'effet du traitement sur les rendements en lait et en composants du lait, probablement en raison de la courte durée de l'expérience. Bien que les traitements aient augmenté la quantité de propionate potentiellement disponible pour la gluconéogenèse, l'apport en matière sèche a été réduit, et une période d'observation plus longue serait nécessaire pour détecter tout changement dans la production ou la composition du lait.

Le taux et la quantité de production d'ammoniac dans le rumen peuvent être modifiés en ajustant la concentration d'amidon dans l'alimentation et sa fermentescibilité. Cependant, ces facteurs influencent à la fois le taux et la quantité d'ammoniac produits. Les sources d'amidon à fermentation plus élevée ont tendance à augmenter à la fois le taux et la quantité d'ammoniac produits.

Dans cette expérience, nous avons cherché à déterminer les effets du taux de production d'ammoniac indépendamment de la quantité produite par jour (MALDINI et ALLEN, 2018).

Chapitre II

II.1. Capteur de mycotoxine

II.1.1. Définition

Le capteur de mycotoxines est un additif complet qui permet d'adsorber plusieurs types de mycotoxines, réduisant ainsi leur potentiel toxique et garantissant la sécurité alimentaire du bétail. Ce produit représente une solution puissante et efficace dans la lutte contre les mycotoxines en combinant des adsorbants organiques (issus de la paroi cellulaire de levure), des adsorbants minéraux (comme la bentonite et la sépiolite) et des sels d'acides organiques.

II.1.2. Bentonite

Les bentonites constituent l'élément clé dans la lutte contre les mycotoxines. Ce sont des argiles phyllosilicates présentant une microstructure cristalline stratifiée. Elles sont souvent appelées smectites en raison de leur abondance dans les argiles. La montmorillonite est le principal constituant de la smectite. L'efficacité d'adsorption de la bentonite dépend de sa teneur en montmorillonite et des cations interchangeables présents (KOLOSOVA et STROKA, 2011). La montmorillonite est composée de couches d'aluminium octaédrique et de silicium tétraédrique coordonnés avec des atomes d'oxygène. Sa grande surface et sa capacité élevée d'échange de cations permettent d'adsorber des substances organiques en favorisant la pénétration à la fois des cations et des molécules polaires. Les bentonites ont démontré une grande efficacité dans l'adsorption des mycotoxines, en particulier les FA (KONG et al., 2014 ; MAGNOS et al., 2011 ; RAMOS et HERNANDEZ, 1996 ; THIEU et al., 2008 ; VEKIRU et al., 2007 ; VILA-DONAT et al., 2017), ainsi que d'autres mycotoxines telles que le ZEN, l'OTA et le FB, dans de nombreuses études in vitro et in vivo (AVANTAGGIATO et al., 2005 ; MIAZZO et al., 2005 ; RAMOS et al., 1996a, b ; WANG et al., 2012).

La sécurité et l'efficacité des bentonites en tant qu'additifs alimentaires ont également été évaluées par l'EFSA. Il a été constaté que les bentonites ne présentent pas de génotoxicité et ne sont pas absorbées après leur utilisation en tant qu'additif dans l'alimentation animale (EFSA, 2011). Une bentonite à base de montmorillonite a été évaluée en tant qu'agent adsorbant avec des propriétés prouvées contre les mycotoxines.

II.1.3. Sépiolite

La sépiolite, également connue sous le nom de silicate de magnésium ((MgO)₂(SiO₂)₃, 2H₂O), est un autre phyllosilicate qui réagit de la même manière que la bentonite et agit également comme un séquestrant fiable des mycotoxines. Lorsqu'elle est utilisée à 2 %, elle est capable d'adsorber près de 87 % de la teneur en AFB1 (8 ppm) présente dans un tampon phosphate (pH 6.5) (MASIMANGO et al., 1979). Il convient de noter que cette adsorption est réversible, car environ 77 % de la toxine peut être extraite par le chloroforme. Cependant, cela explique les effets protecteurs de l'ajout de 0,5 % de

sépiolite dans l'alimentation pour le bétail, réduisant ainsi la toxicité de l'AFB1 (800 ppm) chez les ruminants (SCHELL et al., 1993).

II.2. Paroi des cellules de levure (PCL)

La paroi des cellules de levure (PCL) est un ingrédient clé dans la formulation de capteur, contribuant à son pouvoir élevé d'adsorption des mycotoxines et assurant ainsi l'efficacité optimale du produit. En plus des protéines, des lipides et des polysaccharides, la PCL est principalement composée de glucanes et de mannanes, qui sont ses deux principaux constituants. La PCL présente une grande variété de sites d'adsorption accessibles pour les mycotoxines, ainsi que différents mécanismes de liaison tels que les liaisons hydrogène, les interactions ioniques ou les interactions hydrophobes (RINGOT et al., 2007). Des études ont montré que la PCL présente une capacité d'adsorption beaucoup plus élevée sur un large spectre de mycotoxines telles que le ZEN, l'OTA, le FB et le DON (FRUHAUF et al., 2012 ; PFOHL LESZKOWICZ et al., 2015 ; SHETTY et JESPERSEN, 2006). La fraction β -D glucane de la PCL est directement impliquée dans le processus d'adsorption (FAUCET-MARQUIS et al., 2014). De plus, les mannanes (provenant de *Saccharomyces cerevisiae*) se sont révélés efficaces pour adsorber le DON à différentes valeurs de pH, avec une diminution de l'adsorption à mesure que la concentration de DON augmentait (CRAVET et al., 2010). Les glucomannanes estérifiés ont également démontré leur efficacité pour contrer les effets toxiques de différentes mycotoxines exposées simultanément (ARAVIND et al., 2003 ; AVANTAGGIATO et al., 2005 ; LI et al., 2012 ; MOHAGHEGH et al., 2017).

En plus de son rôle principal dans l'élimination de différents types de mycotoxines dans l'alimentation animale, le capteur agit également comme un puissant agent antifongique dans la matière première. Cela est dû à une combinaison de sels d'acide propionique qui permet de lutter efficacement contre le champignon *Aspergillus*, responsable de la formation des aflatoxines. Les sels d'acide propionique regroupent toutes les propriétés bien connues de l'acide propionique sans ses inconvénients tels que la corrosivité et l'odeur désagréable. Cette préparation permet de détruire rapidement les levures et les moisissures, maintenant ainsi les valeurs nutritionnelles de l'aliment à leur niveau le plus élevé. De plus, les sels d'acide formique ont des propriétés qui inhibent les fermentations indésirables, stabilisent le pH, optimisent l'effet antibactérien, ce qui se traduit par une teneur plus élevée en conservateur dans le substrat et prolonge son efficacité.

PARTIE
EXPERIMENTALE

1. Objectif de l'essai

Evaluer l'effet de l'utilisation d'un mélange d'acide organique et de capteur de mycotoxine sur la composition chimique du lait.

2. Région d'étude

La commune de Freha de la wilaya Tizi Ouzou est la commune choisie pour notre étude, elle représente un bassin laitier important.



Figure 1 : Localisation de la commune de Freha dans la wilaya de Tizi Ouzou.

3. Description de la ferme

La ferme de Freha, est un élevage de production laitière, elle dispose de bâtiments d'élevage construits en dur de 700 m² de surface, le sol est en béton et l'aération est respectée. La stabulation est de type semi-entravé.

4. Matériel et méthode

4.1. Matériel animal

Un total de 26 génisses a été utilisé dans l'essai, de race Montbéliard. Les vaches ont été réparties en deux groupes, un groupe expérimental comprenant 14 vaches et un groupe témoin comprenant 12 vaches. Lors de la répartition des vaches dans les groupes, des efforts ont été faits pour garantir que les groupes soient aussi homogènes que possible.

4.2. Prélèvement de lait

Des prélèvements de lait ont été réalisés lors de chaque visite. Le lait a été recueilli après nettoyage de la mamelle et élimination des premiers jets.

On a effectué deux types de prélèvements :

Le premier pour le dépistage précoce des mammites subcliniques (CMT) : porte sur le lait individuel issu de la traite de chaque quartier de la mamelle de chaque vache en lactation.

Le second pour l'analyse physicochimique du lait : lait issu de la traite des quatre quartiers de la mamelle de chaque vache en lactation, conservée dans des flacons propres de 60 ml pour l'analyse du lait. Chaque flacon porte le numéro d'identification de la vache prélevée.

4.2.1. Matériel de prélèvements

CMT ou "California Mastitis Test"

Le California Mastitis Test (CMT), demeure le meilleur test disponible pour détecter les cas de mammites subcliniques chez les vaches laitières. Ce test fournit une évaluation qualitative de l'état de chaque quartier de la mamelle (sain ou infecté). L'un des principaux avantages de ce test est son faible coût, sa faisabilité par l'éleveur lui-même et sa capacité à fournir des résultats immédiats.

Technique de test CMT :

La méthode du California Mastitis Test (CMT) a été utilisée. Après avoir éliminé les premiers jets de lait, une petite quantité de lait (environ 2 ml) a été recueillie dans une coupelle transparente, chaque coupelle correspondant à un quartier spécifique de la mamelle. Ensuite, une quantité approximativement équivalente de réactif a été ajoutée au lait dans la coupelle. Après une agitation pendant quelques secondes pour assurer un bon mélange du réactif et du lait, la lecture a été effectuée en observant la transparence du mélange. Une modification de phase conduisant à la floculation du lait a été interprétée comme une réaction positive au test CMT (SAIDI R. et al., 2010).



Figure 2 : Technique de réalisation CMT (photo personnelle).

Lactoscan

Le Lactoscan est un appareil utilisé pour mesurer les paramètres de qualité les plus importants dans différents types de lait et de produits laitiers. Il permet de déterminer les matières grasses (FAT), les solides non gras (SNF), les protéines, le lactose, les sels, la teneur en eau, la température (°C), le point de congélation, le pH, la conductivité et la densité dans un seul échantillon.

Cet instrument peut être utilisé directement après la traite ou lors de la collecte des échantillons.

Les principaux avantages du Lactoscan sont les suivants

- Rapidité : il permet de mesurer plusieurs paramètres en seulement 50 secondes.
- Facilité d'utilisation, d'entretien, d'installation et de calibration.
- Conception compacte et robuste, ce qui en fait un équipement portable.
- Volume d'échantillon très faible nécessaire pour chaque détermination.
- Il n'utilise aucun réactif pour effectuer les analyses, ce qui le rend économique et écologique.
- Possibilité de connexion à un ordinateur via RS232.
- Il peut être utilisé pour analyser une large gamme de laits.
- Le Lactoscan comprend trois calibrations standard : vache, mouton et UHT, mais il est également possible de demander d'autres calibrations spécifiques selon les besoins (AUXILAB S.L).



Figure 3 : Le Lactoscan (photo personnelle)

Complémentation alimentaire en acide organique et capteurs des mycotoxines

- Sel de sodium de l'acide malique.
- Acide malique.
- Propionate de calcium.
- Formiate de calcium.
- Extrait de paroi cellulaire de levures MOS ET 1.3 1.6 beta glucanes.
- Sépiolite Bentonite et Kieselgur.
- Gallate de propyle et citrate de calcium.
- Sels minéraux.

4.3. Description de la méthode

Toutes les génisses sont nourries avec une alimentation identique, appelée « aliment concentré en forme granulé ».

Pour le dosage : les génisses du lot expérimental reçoivent 1kg d'additif pour 100kg de concentré.

La traite des vaches est effectuée à l'aide d'une machine à traire.

Avant la traite, les vaches sont soumises à un examen clinique complet, comprenant la prise de température, la vérification du rythme respiratoire et du pouls, ainsi qu'une inspection minutieuse de la mamelle.

Chaque vache a été soumise à un examen du lait à l'aide du CMT (California Mastitis Test), effectué dans la 2^{ème} visite avec un intervalle de quatre semaines entre chaque examen.



Figure 4 : Réalisation la traite chez les génisses avec machine à traire (photo personnelle)

5. Traitement des données

5.1. Analyse descriptive

Pour chaque variable, Microsoft Office Excel 2016 a été utilisé pour effectuer le calcul de la moyenne, de l'écart type, du minimum et du maximum.

5.2. Analyse statistique

Tout d'abord, on a supposé que les paramètres laitiers « MG, D, C... » des deux échantillons « lot témoin, lot expérimental » suivent la loi normale, ensuite, en utilisant le teste de Fischer nous avons testé l'égalité des variances des variables étudiées des deux échantillons, enfin nous avons appliqué le test de Student afin comparer les moyennes des variables étudiées des deux échantillons. Le seuil de signification fixé été 5%.

*RESULTAT ET
DISCUSSION*

Résultats

- Une étude descriptive des variables retenues dans la ferme lors de la mise en place du protocole expérimental, pendant les deux visites à quatre semaines d'intervalles : les paramètres physicochimiques (les matières grasses (MG), les solides non gras (SNG), les protéines, le lactose, les sels, la température (°C), le point de congélation, le pH, la conductivité et la densité) et le test CMT.
- Une étude statistique mettant en évidence l'effet des acides organiques et capteur de mycotoxines sur les différents paramètres étudiés, par des comparaisons effectuées entre les résultats des variables obtenus des deux lots (expérimental et témoin), lors de la 1ère et la 2ème visites.

Etude descriptive des variables

1ère visite

Tableau 1 : Les moyennes des paramètres physico-chimiques du lait lors de la 1ère visite

Moyenne	MG (%)	Densité (%)	Conductivité (mS/cm)	SNG (%)	Protéine (%)	Temp° (°c)	Point congélation (°c)	Sel (%)	pH
Témoin	1,637± 1.185	34,302± 1.65	4,465± 0.323	9,438± 0.280	3,468± 0.106	19,438 ± 4.783	-0,596± 0.022	0,770± 0.024	10,375 ± 2.887
Expérimentale	6,470± 6.373	31,673± 4.030	4,356± 0.3	9,239± 0.719	3,329± 0.255	20,846 ± 1.164	-0,606± 0.019	0,759± 0.050	13,071 ± 1.179
P. value	0.092	0.142	0.471	0.502	0.209	0.331	0.321	0.586	0.009

La matière grasse (MG), du lot expérimental est élevée par rapport au lot témoin mais la différence n'est pas vraiment significative ($p > 0,05$).

Le niveau de protéines entre les deux lots est le même, aucune différence statistiquement significative ($p > 0,05$).

La densité pour le lot expérimental est diminuée par rapport au lot témoin, mais cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$).

L'acidité du lot expérimental est supérieure à celle du lot témoin et cette différence est statistiquement significative ($p < 0,05$).

La température du lot expérimental est supérieure à celle du lot témoin mais statistiquement elle est non significative ($p>0,05$).

Pour la conductivité, le sel, point de congélation et solide non gras, il n'y a pas une différence entre les deux lots et statistiquement ne sont pas significatives ($P>0,05$).

2ème visite

Tableau 2 : Les moyennes des paramètres physico-chimiques du lait et test CMT lors de la 2ème visite.

Moyenne	MG (%)	Densité (%)	Conductivité (mS/cm)	SNG (%)	Protéine (%)	Temp° (°c)	Point de congélation (°c)	Sel (%)	PH	Lactose (%)	CMT (+)
Témoin	2,348 ± 2,570	32,001± 5,661	4,778± 0,184	8,991± 0,951	4,790± 5,054	25,942± 2,064	-0,566± 0,051	0,733 ± 0,075	11,331 ± 1,730	4,850 ± 0,482	5/12
Expérimental	1,961 ± 2,556	32,606± 4,992	4,576± 0,343	9,000± 0,880	3,291± 0,358	23,921± 1,901	-0,565± 0,048	0,734 ± 0,070	10,261 ± 1,931	4,909 ± 0,469	1/14

Lors de la 2ème visite, après 4 semaines nous remarquons que :

Le taux de la matière grasse du lot expérimental (MG) a été diminué par rapport au lot témoin mais il n'y a pas de différence significative ($P>0,05$).

Le taux de protéine est toujours le même entre les deux lots et statistiquement non significative ($P>0,05$).

La densité des deux lots est similaire, il n'y a pas de différence statistiquement significative ($P>0,05$).

L'acidité du lot témoin devient supérieure au lot expérimental ($P>0,05$).

La température du lot expérimental a été diminuée par rapport au lot expérimental mais cette différence elle est significative ($p<0,05$).

Pour la conductivité, le sel, point de congélation et solide non gras, il n'y a pas toujours une différence entre les deux lots ($p>0,05$).

La teneur lactose du lot expérimental est légèrement supérieure au lot témoin, il n'y a pas de différence significative entre les deux lots ($p>0,05$).

Résultats du test CMT :

Tableau 3 : résultats du test CMT chez les vaches

	Lot témoin	Lot expérimental
Nombre de vache laitière	12	14
Nombre de vache atteint	5	1
Pourcentage de vache atteint	41.66%	8.33%

Nous avons réalisé le teste CMT chez les vaches des deux lots dans la 2^{ème} visite seulement après 4 semaines d'intervalle.

Le test CMT a révélé que parmi les 12 vaches présentes dans le groupe témoin, 5 d'entre elles étaient atteintes de mammites subcliniques (CMT +), ce qui représente un pourcentage de 41,66%. En revanche, dans le groupe expérimental, on observe une diminution du nombre de vaches CMT+, avec seulement une vache parmi les 14 présentes, soit un pourcentage de 8,33%.

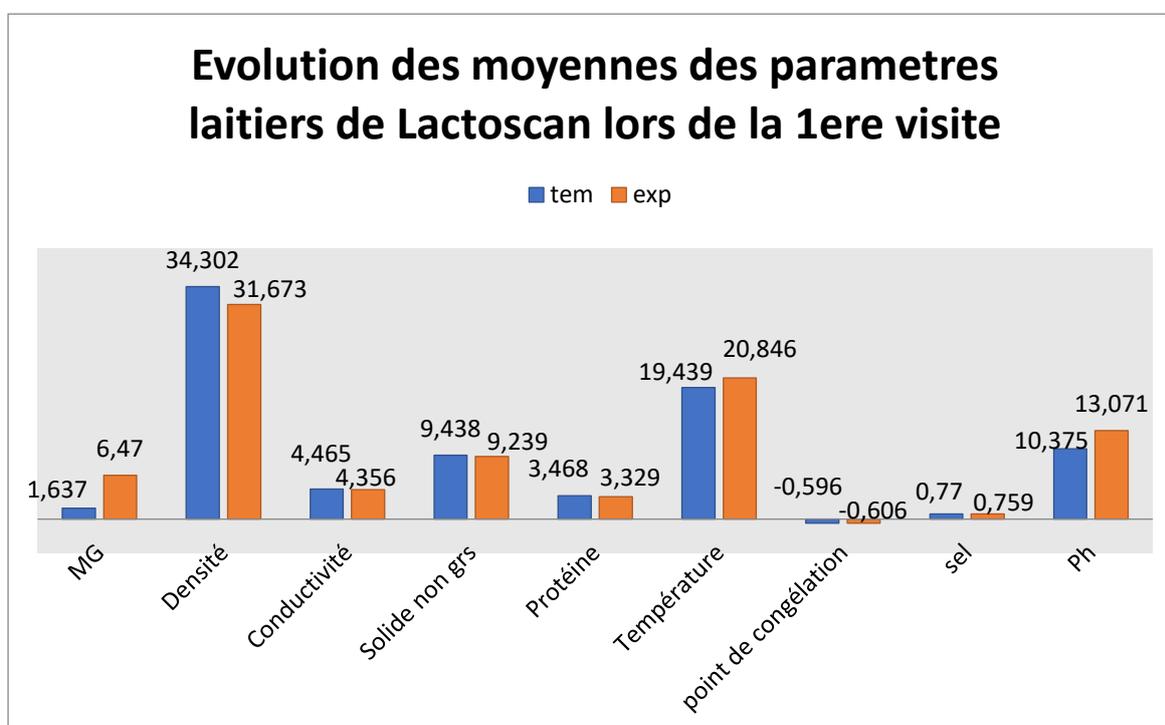


Figure 5 : Evolution des moyennes des paramètres laitiers de Lactoscan lors de la 1^{ère} visite.

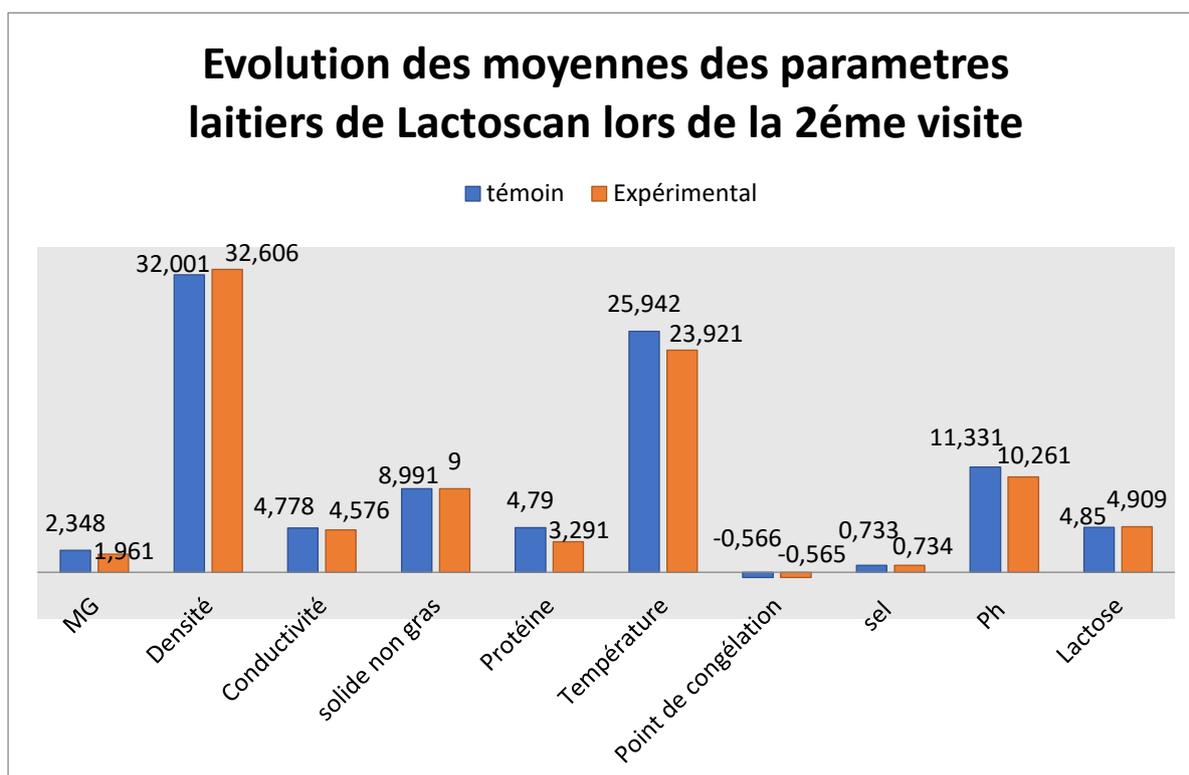


Figure 6: Evolution des moyennes de paramètres laitiers de Lactoscan lors de la 2^{ème} visite.

Discussion

Composition chimique et qualité du lait

❖ Taux butyreux

Lors de la première visite, le taux de matière grasse (TB) a augmenté de 6,47%, ce résultat est supérieur à la norme comprise entre 3.3 et 4.7%. Mais à la deuxième visite le TB a diminué avec 1.961 %. AMJED ALI et al, (2013) a apporté 3.83 % de teneurs en matière grasse, pareil pour CHELLALI, (2022). Cependant, le travail de SAHRAOUI et al, 2020 a montré que les taux butyreux ont été semblable dans les deux lots témoin et expérimental ; Cette stabilité peut être attribuée à l'additif à base d'acides aminés, qui n'a pas eu d'influence sur le taux butyreux.

D'après VRANKOVIC et al., (2017), les valeurs ont correspondu aux normes de 35 g/l durant toute la période d'étude.

PIQUER et al. (2009) et EBTEHAG et al. (2011) ont rapporté une diminution de la teneur en matières grasses du lait avec l'inclusion de fruits entiers citriques et d'acides organiques, respectivement, par rapport à la ration témoin. Cependant, WANG et al. (2009) ont observé que les vaches laitières supplémentées en acides organiques n'avaient aucun effet sur la composition du lait.

Dans un autre travail réalisé sans additif, par RAOUNEK et al, (2022), les valeurs obtenues de la matière grasse du lait cru se situent entre 0 et 5.25%.

Selon les résultats de CHIKAOUI, (2022) réalisé sans additif, le taux de matière grasse varie entre 3et4%. La diminution de la quantité de la matière grasse peut être due à l'alimentation non supplémenté par l'additif (par rapport à la 1ere visite).

Au début de la lactation, il est courant que la vache soit en balance énergétique négative (BEN) et que l'on ait tendance à concentrer sa ration, ce qui entraîne une diminution du pH ruminal. Cela augmente la disponibilité d'énergie sous forme d'acides gras volatils (AGV), mais il existe un risque de saturation en acide lactique. La flore cellulolytique ne fonctionne pas de manière optimale, ce qui entraîne une insuffisance d'acide acétique. Par conséquent, l'augmentation de la teneur en matières grasses dans le lait provient de la mobilisation des réserves (lipomobilisation) et non de l'alimentation en elle-même.

De plus l'ajout d'acide organique qui est métabolisé dans le rumen, ce métabolisme produit des sous-produits tels que les corps cétoniques qui sont utilisé par le foie comme source d'énergie, et sont transporté vers les tissus adipeux pour stimuler la lipolyse.

En général, pendant la phase de plateau de lactation, le taux de matières grasses chute par effet de dilution des MG avec l'augmentation de la production laitière et par la diminution du pH intraruminale qui favorise la fermentation propionique plus favorable au taux protéique qu'au taux butyreux (WOLTER, 1997).

De plus, l'aptitude à mobiliser des primipares est supérieure à celle des multipares.

Enfin, Lorsque l'acide organique est ajouté au départ, l'acide il provoque une acidification du milieu intra-ruminal, ce qui perturbe le fonctionnement optimal de la flore cellulolytique et entraîne une production insuffisante d'acide acétique. Toutefois, avec une utilisation continue, l'acide organique régule la microflore

En résumé, l'acidifiant n'a pas produit d'effet immédiat sur l'amélioration du taux de matières grasses en raison de l'adaptation nécessaire de la vache à l'acide organique, en particulier par rapport à la microflore. Par conséquent, son effet se manifeste plutôt à long terme.

L'acidifiant contient de l'acide propionique et de l'acide malique. L'acide malique a un effet sur la principale bactérie du rumen, *Selenomonas ruminatum*. En consommant de l'acide malique, cette bactérie utilise l'acide lactique et le convertit en acide propionique. Cela a un impact positif sur la production laitière en l'améliorant, ainsi que sur l'acidose lactique en l'atténuant. De plus, l'amélioration de l'environnement ruminale (\uparrow pH) favorise une meilleure utilisation de la partie cellulosique de la ration, ce qui entraîne une amélioration du taux de matières grasses dans le lait.

❖ Taux protéique

Les taux protéiques ont été semblables dans les deux visites avec 3.291 %.

AMJED ALI et al, (2013) ont trouvé une teneur élevée en protéine en raison de la supplémentation d'acide organique dans l'eau de boisson. En revanche, dans un autre travail de SAHRAOUI et al,

(2020) ont rapporté que les vaches du lot expérimental ont présenté des taux protéiques numériquement plus élevés que le lot témoin ; l'augmentation de la teneur en protéines peut être attribuée à l'apport d'un additif contenant des acides aminés : la méthionine et la lysine.

El-Nour et al. (2009) et Piquer et al. (2009) ont également constaté une augmentation de la teneur en protéines du lait avec la supplémentation en acides organiques.

Nos résultats sont proches de ceux trouvés par d'autres chercheurs soit une moyenne varie de 30g/l à 35g/l, sans supplémentation d'acide organique (BELOUAHRI, 2019 ET CHIKAOUI, 2022).

Le taux de protéine est moins influençable. En ce qui concerne la relation génétique entre les protéines totales (TP) et le taux butyreux (TB), il existe un antagonisme alimentaire, car le taux de protéines dépend principalement du niveau énergétique et de la disponibilité en acide propionique.

❖ Lactose

La teneur de lactose dans lot témoin et l'expérimentale sont similaire et dépasse légèrement les normes (4,7%). Nos résultats sont proches de SAHRAOUI et al, (2020) où le lait recueilli dans le lot expérimental a montré des valeurs supérieures à celle du groupe témoin tout au long de l'expérimentation. De plus nos résultats dépassent celui de ALI SAOUCHA, (2017) et CHIKHAOUI, (2022), réalisé sans additif.

La mamelle utilise une quantité importante de glucose sanguin pour la production de lactose (environ 2,5 kg par jour pour une production de 50 kg de lait). C'est la quantité de lactose produite qui détermine le volume de lait.

L'acidifiant contient de l'acide propionique. L'acide propionique est un précurseur de la formation du glucose. Une fois dans le foie, il est converti en glucose, qui à son tour est transformé en lactose dans la mamelle. Par conséquent, l'utilisation de cet acidifiant a un impact direct sur la quantité de lait produite.

❖ Autres :

Pour la conductivité, solide non gras (SNG), point de congélation et le sel ont été semblables dans les deux lots.

AMJED ALI et al, (2013) ont trouvé une augmentation en matière sèche non grasse (SNG).

Nos résultats de conductivité sont inférieurs de celui de TOUAHMIA et al, (2021) de lait cru sans additifs avec une moyenne de 4.7 (ms/cm), elle varie généralement entre 5.5 et 6.5 (ms/cm) (LE POINT VETERINAIRE.FR). Le faible taux de conductivité est étroitement lié au taux de matière grasse.

Lorsque le pourcentage de graisse augmente, on observe une diminution de la conductivité, qui est principalement attribuée au fait que plus de 97% des lipides du lait se trouvent sous la forme de gros globules recouverts d'une membrane non conductrice. Cette structure limite le volume et la mobilité des ions dans le lait, ce qui entraîne une diminution de la conductivité (JACQUINET ,2009).

Notre résultat concernant le point de congélation est proche de TOUAHMIA et al, (2021) réalisé sans additif, est de -0.653°C . Cette valeur ne respecte pas la réglementation algérienne de 1998, qui établit des limites entre $-0,520^{\circ}\text{C}$ et $-0,510^{\circ}\text{C}$.

La valeur obtenue des sels minéraux est de 0.73%. Ce résultat est dans l'intervalle du résultat de TOUAHMIA, 2021 et BENCHABANE., et al, 2019 sans l'utilisation d'additif.

❖ pH

Le pH du lait expérimental est de 13 à la première visite et 10 à la deuxième visite. Ces valeurs ne sont pas conformes à la norme AFNOR (1985) qui à fixer le pH entre 6.6 et 6.8.

Notre résultat diffère de celui de TOUAHMIA, (2021) avec des valeurs de pH comprises entre 6.55et 6.73, effectué sans additif.

Le pH et l'acidité du lait sont influencés par divers facteurs tels que la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, les conditions hygiéniques lors de la traite, la présence de la flore microbienne totale et son activité métabolique, ainsi que la manipulation du lait (MATALLAH et al., 2019).

Cette valeur indique que le lactose a été dégradé en acide lactique par la flore endogène du lait, qui comprend les bactéries lactiques.

L'acide lactique inhibe la croissance de bactéries indésirables dans le lait, ce qui réduit les risques de contamination du lait.

L'acidité du lait peut être modulée par l'immunité, qui est stimulée par l'utilisation d'acides organiques et de capteurs de mycotoxines.

❖ Densité

La densité du lait du lot expérimental égale à 31.673% à la 1ere visite, Cette valeur est inférieure aux valeurs préconisées par l'AFNOR (1030-1033 Kg/l) et TOUAHMIA, (2021) effectué sans additif.

La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires (LABIOUI., et al, 2009).

À la 2ème visite la densité a augmenté (32.606%) ce qui explique, la vache ne libère plus ses réserves, donc effet de dilution de la quantité du lait.

La densité du lait est inversement proportionnelle au taux de matière grasse.

❖ La température

La valeur indiquée du lot expérimental est de 20.84°C qui dépasse le lot témoin à la 1ere visite. TOUAHMIA,

(2021), à trouver une valeur supérieure de 21.3°C sans additif, ceci explique par le refroidissement de l'échantillon pendant le conditionnement au laboratoire (depuis sa sortie du pis= 38°C).

CMT

La comparaison du lait du lot expérimental à celui du lot témoin et qui vivent dans les mêmes conditions et consomment la même alimentation montre que le test CMT positive des vaches atteint dans lot expérimental est de 8.33% et dans lot témoin 41.66%. Dans un autre travail réalisé par CHELLALI, (2022) a montré CMT + au milieu de lactation 42.857%.

Grâce à l'utilisation de capteurs de mycotoxines et d'acides organiques, le test de Californie sur le lait (CMT) des vaches est amélioré en stimulant le système immunitaire, ce qui réduit les cas de mammites.

Conclusion et perspective

L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact de l'incorporation d'un additif sur la composition chimique du lait. Les résultats obtenus indiquent clairement un effet positif global de l'additif. En effet, les vaches du groupe ayant reçu le supplément présentaient une teneur en matières grasses inférieure à celle du groupe témoin, ainsi qu'un taux protéique amélioré, tout en restant conforme aux normes pour les deux groupes.

L'état sanitaire du lait, lui a montré une nette amélioration entre le début et la fin de l'expérimentation. Initialement, la plupart des vaches présentaient des mammites subcliniques, mais lors du deuxième prélèvement effectué quatre semaines plus tard, presque toutes les vaches ont montré une amélioration de leur score CMT. Ces résultats CMT témoignent clairement d'une amélioration du système immunitaire des vaches.

En effet, grâce à l'additif qui améliore l'efficacité de la digestion des aliments, une meilleure utilisation des nutriments a été constatée. Cela a conduit à une disponibilité accrue d'énergie, d'acides aminés, de minéraux, de vitamines et d'autres éléments essentiels pour les vaches. Par conséquent, leur système immunitaire a été renforcé, offrant une protection accrue et réduisant les risques de mammites. Ce statut sanitaire amélioré à l'évidence s'est répercuté avantageusement sur la production.

Donc nous pouvons considérer pour ce premier essai que l'additif expérimenté, composé d'acide organique et de capteur de mycotoxine, a obtenu les résultats escomptés en termes de production laitière et de santé des vaches.

Il serait opportun de mener des études supplémentaires dans ce domaine en élargissant l'échantillon à différentes régions et en examinant d'autres effets potentiels sur divers paramètres, en prenant en compte différents types d'élevage, ainsi qu'en évaluant la toxicité, dans le but de mieux comprendre l'impact des acides organiques et des capteurs de mycotoxines. Ces recherches pourraient également approfondir notre compréhension des mécanismes d'action de ces substances et examiner les éventuelles possibilités d'associer d'autres additifs à ces traitements.

Annexe

Annexe 01 : Comparaison des différents paramètres laitiers du Lactoscan entre le lot témoins et le lot expérimental de la première visite.

Moyenne	Matière grasse	Densité	Conductivité	SNG	Protéine	Température	Point de congélation	Sel	PH
Témoin	1,637± 1.185	34,302± 1.65	4,465± 0.323	9,438± 0.280	3,468± 0.106	19,438 ± 4.783	-0,596± 0.022	0,770 ± 0.024	10,375± 2.887
Expérimental	6,470± 6.373	31,673± 4.030	4,356± 0.3	9,239± 0.719	3,329± 0.255	20,846 ± 1.164	-0,606± 0.019	0,759 ±0.05 0	13,071± 1.179
Test Appliqué	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student
P.value	0.092	0.142	0.471	0.502	0.209	0.331	0.321	0.586	0.009
Observation	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05
Conclusion	Aucune différence statistiquement significative entre le lot témoin et le lot expérimental								Acidité Du lot Témoin est Statistiquement Différente de celle-ci du lot expérimental

Annexe 02 : Comparaison des différents paramètres laitiers du Lactoscan entre le lot témoins et le lot expérimental de la deuxième visite.

Moyenn e	Matière grasse	Densité	Conduc tivité	SNG	Protéin e	Tempér ature	Point de congélati on	Sel	PH	Lactose
Témoin	2,348± 2,570	32,001± 5,661	4,778± 0,184	8,991± 0,951	4,790± 5,054	25,942 ± 2,064	-0,566± 0,051	0,733± 0,075	11,331 ± 1,730	4,850± 0,482
Expérim ental	1,961± 2,556	32,606± 4,992	4,576± 0,343	9,000± 0,880	3,291± 0,358	23,921 ± 1,901	-0,565± 0,048	0,734± 0,070	10,261 ± 1,931	4,909± 0,469
Test appliqué	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student	Test student
P value	0,704	0,775	0,070	0,980	0,327	0,016	0,950	0,993	0,153	0,754
Observa tion	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Conclusi on	Aucune différence statistiquement significative entre le lot témoin et le lot expérimental					La température du lot Témoin est Statisti quemen t Différent de celle du	Aucune différence statistiquement significative entre le lot témoin et le lot Expérimental			

		Lot expéri mental	
--	--	-------------------------	--

Annexe 03 : les résultats des paramètres physico-chimiques du lait lors de la 1ere visite.

LOT	N= Vache	MG	D	C	SNG	TP	T°	FP	Sel	pH
E	4152	4,36	32,2	3,91	9,5	3,46	20,7	-0,618	0,78	13,86
E	6213	5,03	30,21	4,02	9,12	3,32	22,4	-0,595	0,75	14,15
E	4135	6,28	24,15	4,43	7,8	2,83	22,4	-0,587	0,66	14,07
E	4733	4,85	30,03	4,77	9,03	3,29	19,82	-0,588	0,74	13,88
E	0,256	2,36	35,24	4,34	9,85	3,29	19,5	-0,628	0,8	12,21
E	0,756	20,5	35,85	4,46	9,94	3,65	20,2	-0,632	0,81	11,99
E	0,042	1,91	34,03	4,56	9,43	3,46	20,9	-0,595	0,77	11,34
T	0,755	2,29	34,67	4,26	9,68	3,55	20,5	-0,616	0,79	11,97
T	9725	2,47	33,51	4,31	9,42	3,45	21,2	-0,599	0,77	11,89
T	0,416	0,72	34,93	4,98	9,4	3,46	21	-0,585	0,76	10,12
T	9046	0,5	35,64	4,6	9,53	3,51	22,9	-0,593	0,78	10,03
T	6302	4,32	30,14	4,27	8,94	3,26	19,7	-0,578	0,73	13,26
T	8532	0,11	35,73	4,91	9,47	3,49	21,3	-0,586	0,77	9,58
T	1800	1,34	35,27	4,49	9,63	3,54	19,8	-0,606	0,78	10,97
T	2589	2,25	33,52	4,41	9,37	3,44	20,9	-0,594	0,76	1,62
T	2992	0,11	36,39	4,3	9,65	3,56	3,8	-0,598	0,78	9,76
T	5124	2,62	34,6	4,01	9,74	3,57	19,9	-0,622	0,79	12,36
T	6804	1,92	34,82	4,19	9,64	3,54	19,8	-0,634	0,81	12,45
T	2040	1,19	32,28	5,03	8,8	3,24	21,5	-0,547	0,72	9,99
T	8318	1,44	34,43	4,28	9,43	3,47	20,4	-0,592	0,77	10,87

E : expérimentale **T** : témoin

Annexe 04 : les résultats des paramètres physico-chimiques et test CMT lors de la 2eme visite.

LOT	N VACH E	MG	D	C	SNG	TP	T°	FP	Sel	pH	L	CMT
E	4152	2,14	30,75	4,65	8,54	3,07	23,1	- 0,542	0,7	10,77	4,75	NEG
E	6213	0,36	35,12	4,47	9,37	3,45	23	- 0,581	0,76	9,73	5,09	NEG
E	4135	8,2	21,07	4,01	7,42	2,66	25,1	- 0,493	0,61	5,62	4,08	NEG
E	4733											
E	0,256	0,27	29,78	5,28	7,93	2,92	23	- 0,483	0,64	8,2	4,3	A C B POS
E	0,756	0,43	36,17	4,53	9,66	3,56	22,6	- 0,601	0,79	10,03	5,31	NEG
E	0,042	0,37	36,19	4,44	9,65	3,56	22,7	-0,6	0,78	10,2	5,3	NEG
E	4552	0,55	37,54	4,1	10,05	3,7	23	-0,62	0,82	10,6	5,52	NEG
E	6977	0,72	35,82	4,88	9,63	3,55	25,6	- 0,601	0,78	10,35	5,18	NEG
E	3318	6,27	24,15	4,4	7,8	2,8	22,4	- 0,509	0,64	14,07	4,29	NEG
E	5741	4,76	28,97	4,87	7,94	2,8	28,3	-0,51	0,65	12,7	4,56	NEG
E	5752	0,84	34,85	4,62	9,4	3,46	23,9	-0,58	0,77	10,24	5,17	NEG
E	0,430	0,8	34,91	4,7	9,41	3,47	24,4	- 0,587	0,77	10,21	5,17	NEG
E	5686	1,49	35,89	4,23	9,82	3,61	21,2	-0,62	0,8	11,31	5,41	NEG
E	1401	0,25	35,27	4,89	9,38	3,46	26,6	-0,58	0,76	9,63	4,6	NEG
T	0,755	1,02	36,26	4,68	9,82	3,61	23,6	-0,61	0,8	10,84	4,49	NEG
T	9725	6,16	24,05	4,82	7,75	2,8	29,4	- 0,505	0,64	13,81	4,63	NEG
T	0,416	2,73	30,12	4,85	8,58	3,14	24	- 0,542	0,7	11,31	4,71	C
T	9046	1,98	29,35	4,98	8,21	3,01	24,1	- 0,512	0,67	10,19	4,39	NEG
T	6302											
T	8532	0,7	35,09	4,72	9,44	3,48	25,1	- 0,588	0,77	10,14	5,18	NEG
T	1800	7,86	21,77	4,77	7,52	2,7	27,3	- 0,499	0,62	15,38	4,28	D
T	2589	0,59	36,12	4,54	9,68	3,57	24,4	- 0,604	0,79	10,27	5,32	A
T	2992	1,18	34,47	4,76	9,38	3,45	24,9	-0,58	0,76	10,56	5,02	NEG
T	5124	0,24	38,4	4,87	10,21	3,76	28,3	- 0,638	0,83	10,45	5,52	NEG
T	6804	0,24	37,45	4,96	9,96	3,67	26	-0,62	0,81	10,2	5,38	A
T	2040	4,9	25,57	5,01	7,86	20,8	29,1	- 0,504	0,64	12,76	4,07	A
T	8318	0,58	35,36	4,38	9,48	3,49	25,1	-0,59	0,77	10,06	5,21	NEG

E : expérimentale **T** : témoin

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acheson, D. (1999).** Independent inquiry into inequalities in health report. London: The Stationery Office.
- Alam, S., Shah, H. U., Afzal, M., & Magan, N. (2014).** Influence of calcium propionate, water activity and storage time on mold incidence and aflatoxins production in broiler starter feed. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 137-144.
- ALI SAOUCHE, Chahrazad.** Qualités physico-chimique et microbiologique et aptitude de transformation du lait (vache et chèvre) en yaourt. 2017. Thèse de doctorat. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila.
- Ali, A., Khan, S., Mobashar, M., Inam, M., Ahmed, I., Khan, N. A., ... & Khan, H. (2013).** Effect of different levels of organic acids supplementation on feed intake, milk yield and milk composition of dairy cows during thermal stress. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3, 762-768.
- Ali, A., Khan, S., Mobashar, M., Inam, M., Ahmed, I., Khan, N. A., ... & Khan, H. (2013).** Effect of different levels of organic acids supplementation on feed intake, milk yield and milk composition of dairy cows during thermal stress. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3, 762-768.
- Aravind, K. L., Patil, V. S., Devegowda, G., Umakantha, B., & Ganpule, S. P. (2003).** Efficacy of esterified glucomannan to counteract mycotoxicosis in naturally contaminated feed on performance and serum biochemical and hematological parameters in broilers. *Poultry Science*, 82(4), 571-576.
- Avantaggiato, G., Solfrizzo, M., & Visconti, A. (2005).** Recent advances on the use of adsorbent materials for detoxification of Fusarium mycotoxins. *Food additives and Contaminants*, 22(4), 379-388.
- Ben Chabane Asma-Boumendjel Lamiss, S. M. (2019).** Qualité bactériologique et physico-chimique du lait cru et impact sanitaire « cas de la Wilaya de Guelma ».
- Bessaoud, O., Pellissier, J. P., Rolland, J. P., & Khechimi, W. (2019).** *Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie* (Doctoral dissertation, CIHEAM-IAMM).
- BOULAOUAD Nesrine, B. K. (2019).** Evaluation de la qualité physico-chimique du lait de vache de la région de BORDJ EL GHEDIR (BORDJ BOU ARRERIDJ) (Doctoral dissertation).
- Caldwell, D. R., & Bryant, M. P. (1966).** Medium without rumen fluid for nonselective enumeration and isolation of rumen bacteria. *Applied microbiology*, 14(5), 794-801.
- Carro, M. D., & Ranilla, M. J. (2003).** Effect of the addition of malate on in vitro rumen fermentation of cereal grains. *British Journal of Nutrition*, 89(2), 181-188.

- Cavret, S., Laurent, N., Videmann, B., Mazallon, M., & Lecoeur, S. (2010).** Assessment of deoxynivalenol (DON) adsorbents and characterisation of their efficacy using complementary in vitro tests. *Food Additives and Contaminants*, 27(1), 43-53.
- Cherrington, C. A., Hinton, M., Mead, G. C., & Chopra, I. (1991).** Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Advances in microbial physiology*, 32, 87-108.
- Counotte, G. H. M., Prins, R. A., Janssen, R. H. A. M., & Debie, M. J. A. (1981).** Role of *Megasphaera elsdenii* in the fermentation of DL-[2-13C] lactate in the rumen of dairy cattle. *Applied and Environmental Microbiology*, 42(4), 649-655.
- Crespo, N. P., Puyalto, M., Carro, M. D., Ranilla, M. J., & Mesia, J. (2002).** Acidos orgánicos en dietas para rumiantes. *Albéitar*, 57, 48-50.
- Cvetnić, L., Samardžija, M., Habrun, B., Kompes, G., & Benić, M. (2016).** Microbiological monitoring of mastitis pathogens in the control of udder health in dairy cows. *Slov Vet Res*, 53(3), 131-140.
- Dibner, J. J., & Buttin, P. (2002).** Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of applied poultry research*, 11(4), 453-463.
- Ebtehag, I. M. A. E., Hoda, M. E., & El-Shabrawy, H. M. (2011).** Comparing effects of organic acid (malate) and yeast culture as feed supplement on dairy cows' performance. In Proceedings of the 4th Scientific Conference of Animal Wealth Research in the Middle East and North Africa, Foreign Agricultural Relations (FAR), Egypt, 3-5 October 2011 (pp. 340-353). Massive Conferences and Trade Fairs.
- El-Nour, H. H., Rahman, H. M. A., & Safaa, A. (2009).** Effect of supplementation with malate on some metabolites, reproductive performance, and milk constituents in early lactating Egyptian buffaloes. *Global Veterinaria*, 3(5), 369-376.
- Fiorentin, L., Vieira, N. D., & Barioni Jr, W. (2005).** Oral treatment with bacteriophages reduces the concentration of *Salmonella Enteritidis* PT4 in caecal contents of broilers. *Avian pathology*, 34(3), 258-263.
- Gottschalk, G., & Gottschalk, G. (1986).** *Regulation of bacterial metabolism* (pp. 178-207). Springer New York.
- Hajati, H. (2018).** Application of organic acids in poultry nutrition. *Int. J. Avian Wildl. Biol*, 3(4), 324-329.
- Hobson, P. N. (1965).** Continuous culture of some anaerobic and facultatively anaerobic rumen bacteria. *Microbiology*, 38(2), 167-180.
- Holzapel, W. H., Haberer, P., Snel, J., Schillinger, U., & in't Veld, J. H. H. (1998).** Overview of gut flora and probiotics. *International journal of food microbiology*, 41(2), 85-101.
- Hungate, R. E. (1966).** *The rumen and its microbes* Academic Press New York and London.

- Jacquinet, S. (2009).** Évaluation du dépistage des mammites par la conductivité électrique du lait (Doctoral dissertation).
- KADRI, M., Youcef, A., & AIZA, A. (2022).** Effet de l'introduction d'un capteur de mycotoxine sur la production laitière chez les vaches laitières.
- Karnland, O., Birgersson, M., & Hedström, M. (2011).** Selectivity coefficient for Ca/Na ion exchange in highly compacted bentonite. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(17-18), 1554-1558.
- Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., & Han, I. K. (2005).** Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 18(7), 1048-1060.
- Kolossova, A., & Stroka, J. (2011).** Substances for reduction of the contamination of feed by mycotoxins: A review. *World Mycotoxin Journal*, 4(3), 225-256.
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachoui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148(2009), 7-16.
- Le point vétérinaire.fr**, <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point>
- Levital, T., Mustafa, A. F., Seguin, P., & Lefebvre, G. (2009).** Effects of a propionic acid-based additive on short-term ensiling characteristics of whole plant maize and on dairy cow performance. *Animal feed science and technology*, 152(1-2), 21-32.
- Linehan, B., Scheifinger, C. C., & Wolin, M. J. (1978).** Nutritional requirements of *Selenomonas ruminantium* for growth on lactate, glycerol, or glucose. *Applied and Environmental Microbiology*, 35(2), 317-322.
- Lückstädt, C., Şenköylü, N., Akyürek, H., & Ağma, A. (2004).** ACIDIFIER--A MODERN ALTERNATIVE FOR ANTI-BIOTIC FREE FEEDING IN LIVESTOCK PRODUCTION, WITH SPECIAL FOCUS ON BROILER PRODUCTION. *Veterinarija ir zootechnika*, 27(49).
- Maldini, G., & Allen, M. S. (2018).** Temporal effects of ruminal propionic acid infusion on feeding behavior of Holstein cows in the postpartum period. *Journal of dairy science*, 101(4), 3077-3084.
- Martin, S. A. (1998).** Manipulation of ruminal fermentation with organic acids: a review. *Journal of animal science*, 76(12), 3123-3132.
- Martin, S. A., & Streeter, M. N. (1995).** Effect of malate on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of Animal Science*, 73(7), 2141-2145.
- Masimango, N., Ramaut, J. L., & Remacle, J. (1977, January).** PRODUCTION DE L'AFLATOXINE B₁ " IN VITRO" EN FONCTION DE DIVERSES CONDITIONS DE CULTURE. In *Annales de la nutrition et de l'alimentation* (pp. 583-605). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

- Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K. N., & Boukhris, R. (2017).** Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 29(11).
- Mehdi, C. H. I. K. H. A. O. U. I.** Contribution à l'étude de la qualité du lait de vache dans la wilaya de M'sila (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- Miazzo, R., Peralta, M. F., Magnoli, C., Salvano, M., Ferrero, S., Chiacchiera, S. M., ... & Dalcero, A. (2005).** Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. *Poultry Science*, 84(1), 1-8.
- Micioni Di Bonaventura, M. V., Cecchini, C., Vila-Donat, P., Caprioli, G., Cifani, C., Coman, M. M., ... & Sagratini, G. (2017).** Evaluation of the hypocholesterolemic effect and prebiotic activity of a lentil (*Lens culinaris* Medik) extract. *Molecular nutrition & food research*, 61(11), 1700403.
- Mohaghegh, A., Chamani, M., Shivazad, M., Sadeghi, A. A., & Afzali, N. (2017).** Effect of esterified glucomannan on broilers exposed to natural mycotoxin-contaminated diets. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 285-291.
- Mr HOUARI, C., Ali, K. A. D. R. I., & AIZA, A. (2022).** Effet de d'introduire d'un capteur de mycotoxine et d'un promoteur du rumen (acidifiant organique) sur la production laitière chez les vaches laitières.
- Mroz, Z., Koopmans, S. J., Bannink, A., Partanen, K., Krasucki, W., Øverland, M., & Radcliffe, S. (2006).** Carboxylic acids as bioregulators and gut growth promoters in nonruminants. In *Biology of growing animals* (Vol. 4, pp. 81-133). Elsevier.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2000).** Amino acid oxidation and the production of urea. *Lehninger principles of biochemistry*, 3, 623-658.
- Nguyen, D. H., Lee, K. Y., Mohammadigheisar, M., & Kim, I. H. (2018).** Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. *Poultry Science*, 97(12), 4351-4358.
- Nguyen, D. H., Seok, W. J., & Kim, I. H. (2020).** Organic acids mixture as a dietary additive for pigs—A review. *Animals*, 10(6), 952.
- Nisbet, D. J., & Martin, S. A. (1990).** Effect of dicarboxylic acids and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on lactate uptake by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Applied and environmental microbiology*, 56(11), 3515-3518.
- Nisbet, D. J., & Martin, S. A. (1991).** Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Journal of Animal Science*, 69(11), 4628-4633.

- Papatsiros, V. G., Katsoulos, P. D., Koutoulis, K. C., Karatzia, M., Dedousi, A., & Christodoulopoulos, G. (2014).** Alternatives to antibiotics for farm animals. *CABI Reviews*, (2013), 1-15.
- Parente, E., Ricciardi, A., & Addario, G. (1994).** Influence of pH on growth and bacteriocin production by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 14ONWC during batch fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 41(4), 388-394.
- Partanen, K. (2001).** Organic acids-their efficacy and modes of action in pigs. *Gut environment in pigs/A. Piva, KE Bach Knudsen, JE Lindberg*.
- Pearlin, B. V., Muthuvel, S., Govidasamy, P., Villavan, M., Alagawany, M., Ragab Farag, M., ... & Gopi, M. (2020).** Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(2), 558-569.
- Piquer, O., Ródenas, L., Casado, C., Blas, E., & Pascual, J. J. (2009).** Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters. *Small Ruminant Research*, 83(1-3), 14-21.
- Ramos, A. J., Fink-Gremmels, J., & Hernández, E. (1996).** Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. *Journal of food protection*, 59(6), 631-641.
- Raounek, A., Djenadbia Randa, G. A., & Hassina, R. (2022).** Etude physico-chimique et bactériologique du lait de vache.
- Ringot, D., Lerzy, B., Chaplain, K., Bonhoure, J. P., Auclair, E., & Larondelle, Y. (2007).** In vitro biosorption of ochratoxin A on the yeast industry by-products: Comparison of isotherm models. *Bioresource technology*, 98(9), 1812-1821
- Russell, J. B., & Diez-Gonzalez, F. (1998).** The effects of fermentation acids on bacterial growth. *Advances in microbial physiology*, 39, 205-234.
- Sahraoui, N., Zahia, A. I. T., Hamouni, A., Moula, N., & HORNICK, J. L. (2020).** Effet d'un additif à base d'acides aminés sur la production laitière bovine. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(4).
- Saidi, R., Cantekin, Z., Mimoune, N., Ergun, Y., Solmaz, H., Khelef, D., & Kaidi, R. (2021).** Investigation of the presence of slime production, VanA gene and antiseptic resistance genes in Staphylococci isolated from bovine mastitis in Algeria. *Veterinarska stanica*, 52(1), 0-0.
- Salminen, S., Bouley, C., Boutron, M. C., Cummings, J. H., Franck, A., Gibson, G. R., ... & Rowland, I. (1998).** Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *British journal of nutrition*, 80(S1), S147-S171.

- Schell, T. C., Lindemann, M. D., Kornegay, E. T., Blodgett, D. J., & Doerr, J. A. (1993).** Effectiveness of different types of clay for reducing the detrimental effects of aflatoxin-contaminated diets on performance and serum profiles of weanling pigs. *Journal of animal science*, 71(5), 1226-1231.
- Shahidi, S., Yahyavi, M., & Zare, D. N. (2014).** Influence of dietary organic acids supplementation on reproductive performance of freshwater Angelfish (*Pterophyllum scalare*). *Global Veterinaria*, 13(3), 373-377.
- Shetty, P. H., & Jespersen, L. (2006).** Saccharomyces cerevisiae and lactic acid bacteria as potential mycotoxin decontaminating agents. *Trends in food science & technology*, 17(2), 48-55.
- Stewart, C. S., Fonty, G., & Gouet, P. (1988).** The establishment of rumen microbial communities. *Animal Feed Science and Technology*, 21(2-4), 69-97.
- Taylor, M. J., Bandi, C., & Hoerauf, A. (2005).** Wolbachia. Bacterial endosymbionts of filarial nematodes. *Advances in parasitology*, 60, 245-284.
- Thieu, N. Q., & Pettersson, H. (2008).** In vitro evaluation of the capacity of zeolite and bentonite to adsorb aflatoxin B 1 in simulated gastrointestinal fluids. *Mycotoxin research*, 24, 124-129.
- Touahmia, A et Ayadi, R. (2021).** Analyse physico-chimique et bactériologique du lait de vache cru et du lait pasteurisé de la région de Guelma.
- Vekiru, E., Fruhauf, S., Sahin, M., Ottner, F., Schatzmayr, G., & Krska, R. (2007).** Investigation of various adsorbents for their ability to bind aflatoxin B 1. *Mycotoxin research*, 23, 27-33.
veterinaire/article/n-291/conductivite-du-lait-et-detection-des-mammites.html.
- Vranković, L., Aladrović, J., Octenjak, D., Bijelić, D., Cvetnić, L., & Stojević, Z. (2017).** Milk fatty acid composition as an indicator of energy status in Holstein dairy cows. *Archives Animal Breeding*, 60(3), 205-212.
- Wang, C., Liu, Q., Yang, W.Z., Dong, Q., Yang, X.M., He, D.C., Dong, K.H. and Huang, Y.X. 2009.** Effects of malic acid on feed intake, milk yield, milk components and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Livestock Science*, 124, 182-188.
- Wang, Y. C., Deng, J. L., Xu, S. W., Peng, X., Zuo, Z. C., Cui, H. M., ... & Ren, Z. H. (2012).** Effects of Zearalenone on IL-2, IL-6, and IFN- γ mRNA Levels in the Splenic Lymphocytes of Chickens. *The Scientific World Journal*, 2012.
- Wang, Y. C., Deng, J. L., Xu, S. W., Peng, X., Zuo, Z. C., Cui, H. M., ... & Ren, Z. H. (2012).** Effects of Zearalenone on IL-2, IL-6, and IFN- γ mRNA Levels in the Splenic Lymphocytes of Chickens. *The Scientific World Journal*, 2012.
- WOLTER, R. (1994).** Conduite du rationnement. (118-152) In : Alimentation de la vache laitière. Paris : editions France agricole. -476p. cole, paris, 118-152.
- Wolter, R. (1997).** *Alimentation de la vache laitière*. France Agricole Editions.

Yiannikouris, A., & Jouany, J. P. (2002). Les mycotoxines dans les aliments des ruminants, leur devenir et leurs effets chez l'animal. *INRAE Productions Animales*, 15(1), 3-16.

Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Guo, Y., & Xiong, B. (2020). Research on the applications of calcium propionate in dairy cows: A review. *Animals*, 10(8), 1336.