

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة ابن خلدون تيارت

UNIVERSITE IBN KHALDOUN – TIARET

معهد علوم البيطرة

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES

قسم الصحة الحيوانية

DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire.

Filière : Science de nature et de vie

Spécialité : Sciences vétérinaires

Présenté par : - Boudjelti Wafaa

-Safa Sabrina

-Benmoumene Rachida Sarah

Thème

*Comparaison entre le CMT et le conductimètre dans la
détection des mammites sub-cliniques chez la vache.*

Soutenu le 30 / 06 /2024

Jury:

Grade

Président : Dr. Saim Saïd Mohamed.

MCA

Encadrant: Dr. Ayad Mohamed Amine.

MCA

Examineur: Dr. Derrar Sofiane.

MCA

Année universitaire 2023-2024

Remerciement

On remercie **Allah** le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force et la volonté au toute en longue de notre trajet éducatif et de réaliser ce modeste travail.

Mes vifs remerciement s'adressent à la lumière de notre vie, nos parents qui nous avons donné la vie, la puissance et l'amour, merci infiniment pour tous ce que vous avez faites pour nous.

Notre sincère gratitude s'adresse à vous monsieur

AYAD MOHAMED AMINE

Pour la qualité de votre encadrement exceptionnel, votre conseils judicieux, votre soutien chaleureux, votre patience avec nous et votre disponibilité à tous moment, merci à vous au font du cœur, nous vous souhaite une bonne continuation et nous vous prie de croire à l'expression de nos considération véritable.

Nos remerciements s'adressent à monsieur le docteur **SAIM SAID MOHAMED** et à monsieur le docteur **DERRAR SOFIANE** pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger le présent travail.

Merci aux propriétaires pour nous accueillir dans leurs fermes.



Dédicace

Merci **ALLAH** le tout miséricordieux, pour me préservé, me donné la santé et le courage afin de réaliser ce travail.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents **KHALED** et **FATIMA** l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif qui me donne toujours l'espoir de vivre et pour leurs efforts, leurs sacrifices durant toute ma vie et leurs soutiens, encouragement pour me persévérer jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

A mes chers frères : **SID AHMED**, **AYOUB** pour l'amour qu'ils me réservent je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

A ma chère sœur **AHLEM** qui n'a pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, que dieu la protège et leur offre la chance et le bonheur.

A mes neveux: mon prince **KADI** et ma petite princesse **RAHAF** ceux qui apportent la joie dans nos vies, je prie Dieu de vous protéger et de grandir sous ses soins je vous aime beaucoup.

A l'ensemble de la famille : **BOUDJELTI, OUADAH.**

A mes amies et surtout **SABRINA**, **SARAH** en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A mon encadrant monsieur le docteur **AYAD MOHAMED AMINE** qui m'a guidé avec patience à concrétiser ce travail.

A tous mes enseignants de l'institut vétérinaire pour participer à me former et surtout le professeur **KHIATI BAGHDAD.**

A toute la promo **2019-2024.**

A tous ceux qui m'ont offert leur aide, m'ont écoutée, appuyée et supporté.

WAFAA

Dédicace

Merci **ALLAH** le tout miséricordieux, pour me préservé, me donné la santé et le courage afin de réaliser ce travail.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents **BENAISSA** et **DENIA** qui donne toujours l'espoir de vivre et pour leurs efforts, leurs sacrifices durant toute ma vie et leurs soutiens, encouragement pour persévérer jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

A mes grandes mères **KHAIRA** et **ZOHRA** et mon grand père **ABDELKADER** que dieu le tout puissant les gardes en bon santé.

A mes chers frères : **ABDOU**, **MOHAMED**, **AHMED** pour l'amour qu'ils me réservent je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

A toute ma famille : **SAFA**, **KEMOUNE**, **RIYAH**, **RASGHANEM**

A mes amies et surtout **SARAH** et **WAFAA**, en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A mon encadrant monsieur le docteur **AYAD MOHAMED AMINE** qui m'a guidé à concrétiser ce travail.

A tous mes enseignants de l'institut vétérinaire et surtout Mr. **KHIATI BAGHDAD** et Mr. **SLIMANI KHALED** qui ont participé à nos formations et ses gentillesse et ses conseils précieux.

A toute la promo **2019-2024**.

A tous ceux qui m'ont offert leur aide, m'ont écoutée, appuyée, supporté.

SABRINA

Dédicace

Merci **ALLAH** le tout miséricordieux, pour me préservé, me donné la santé et le courage afin de réaliser ce travail.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents **DJILALI** et **FATIMA** qui me donne toujours l'espoir de vivre et pour leurs efforts, leurs sacrifices durant toute ma vie et leurs soutiens, encouragement pour me persévérer jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

A mes chers frères : **YACINE**, **AZZEDINE**, et **SOFIANE** pour l'amour qu'ils me réservent je leurs souhaite une vie pleine du bonheur et de succès.

A toute ma famille : **BENMOUMENE**, **DJELLAOUI** et la famille **kainane**.

A mes neveux: mes princes **BOUZIANE**, **HICHEM** et ma petite princesse **ALAA** ceux qui apportent la joie dans nos vies, je prie Dieu de vous protéger et de grandir sous ses soins je vous aime beaucoup.

A mes amies et surtout **SABRINA**, **WAFAA** et **KHADIDJA** en souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A mon encadrant monsieur le docteur **AYAD MOHAMED AMINE** qui m'a guidé avec patience à concrétiser ce travail.

A tous mes enseignants de l'institut vétérinaire pour participer à me former.

A toute la promo **2019-2024**.

A tous ceux qui m'ont offert leur aide, m'ont écoutée, appuyée et supporté.

SARAH

Résumé:

La mammite est l'une des pathologies les plus importantes en élevage bovin laitier. Notre travail met l'accent sur la détection des mammites subcliniques chez la vache laitière en utilisant et en comparant entre deux méthodes de diagnostic différentes : le test de conductivité électrique du lait de DRAMINSKI MD4x4Q2 et le test de confirmation CMT (Californian Mastitis Test).

L'étude, s'est réalisée dans la région de Tiaret, et a porté sur un effectif de 62 vaches laitières dans 4 fermes différentes, après élimination des premier jets les deux tests ont été réalisés comme indiqué par le fabricant. Les résultats ont montré une prévalence globale de mammite de 69.35%, 88.71% selon le CMT et le conductimètre respectivement. La prévalence variait selon l'âge des vaches : 50 % pour celles de 2 ans, 56,52 % pour celles de 3 ans, 83,33% pour celles de 4 à 5 ans, 60 % pour celles de 6 ans, et 75 % pour celles de 7 à 8 ans.

En fonction des races, la prévalence était de 61,54% pour les vaches Montbéliard, 100 % pour les Frisonnes, 75 % pour les Croisés, 50 % pour les Fleckvieh, 71,88 % pour les Prim'Holstein et 60 % pour les Normandes. Concernant la robe, la prévalence était de 58,33% pour les vaches Pie Rouge et de 73,68% pour les Pie Noirs.

Les prélèvements de lait des quartiers affectés ont permis d'isoler 18 souches de *Staphylococcus Aureus* et 2 souches d'*Escherichia coli*.

Notre expérimentation à montrer que le Conductimètre à une efficacité qui se rapproche au CMT.

Ces résultats mettent en évidence l'importance de la détection précoce et de la gestion efficace des mammites pour améliorer la santé et la productivité des troupeaux laitiers.

Mots clés: mammite subclinique, CMT, conductimètre, prévalence.

Summary:

Mastitis is one of the most important pathologies in dairy cattle farming. Our work focuses on the detection of subclinical mastitis in dairy cows using and comparing between two different diagnostic methods: the DRAMINSKI MD4x4Q2 milk electrical conductivity test and the CMT (Californian Mastitis Test) confirmation test.

The study was carried out in the Tiaret region, and involved a population of 62 dairy cows on 4 different farms. After elimination of the first drops, the two tests were carried out as indicated by the manufacturer. The results showed an overall mastitis prevalence of 69.35%, 88.71% according to CMT and conductivity meter respectively. The prevalence varied according to the age of the cows: 50% for those 2 years old, 56.52% for those 3 years old, 83.33% for those 4 to 5 years old, 60% for those 6 years old, and 75 % for those aged between 7 to 8 years.

Depending on the breeds, the prevalence was 61.54% for Montbeliard cows, 100% for Friesians, 75% for Crossbreeds, 50% for Fleckvieh, 71.88% for Prim 'Holsteins and 60% for Normands. Concerning the coat, the prevalence was 58.33% for red cows and 73.68% for black cows.

Milk samples from affected quarters made it possible to isolate 18 strains of *Staphylococcus Aurieus* and 2 strains of *Escherichia coli*.

Our experiment shows that the Conductivity Meter has an efficiency similar to that of the CMT.

These results highlight the importance of early detection and effective management of mastitis to improve the health and productivity of dairy herds.

Key words: subclinical mastitis, CMT, conductivity meter, prevalence.

الملخص:

يعد التهاب الضرع أحد أهم الأمراض في تربية الأبقار الحلوب يركز عملنا على اكتشاف التهاب الضرع تحت السريري في أبقار الألبان باستخدام طريقتين تشخيصيتين مختلفتين والمقارنة بينهما: اختبار الناقلية للحليب DRAMINSKI MD4x4Q2 واختبار التأكيد CMT (اختبار التهاب الضرع في كاليفورنيا).

أجريت الدراسة في منطقة تيارت، وشملت 62 بقرة حلوب في 4 مزارع مختلفة، وبعد التخلص من القطرات الأولى، تم إجراء الاختبارين كما هو محدد من قبل الشركة المصنعة. أظهرت النتائج معدل انتشار التهاب الضرع الإجمالي بنسبة 88.71%، و69.35% وفقاً لمقياس CMT ومقياس الناقلية الكهربية على التوالي. وتختلف نسبة الانتشار حسب عمر الأبقار: 50% لمن هم في سن سنتين، 56.52% لمن هم في سن 3 سنوات، 83.33% لمن هم من 4 إلى 5 سنوات، 60% لمن هم في سن 6 سنوات، و 75% لمن هم في سن 6 سنوات. الذين تتراوح أعمارهم بين 7 إلى 8 سنوات.

اعتماداً على السلالات، كان معدل الانتشار 61.54% لأبقار مونتبييلارد، و100% للفريزيان، و75% للسلالات الهجينة، و50% للفليكييه، و71.88% للبريم هولستين، و60% للنورماند. أما بالنسبة للون الجلد فقد بلغت نسبة الانتشار 58.33% في الأبقار الحمراء و 73.68% في السوداء.

مكنت عينات الحليب من المناطق المصابة من عزل 18 سلالة من *Staphylococcus Aureus* وسلالتين من *Escherichia coli*.

تظهر تجربتنا أن مقياس الناقلية يتمتع بكفاءة مماثلة لتلك الموجودة في CMT.

تسلط هذه النتائج الضوء على أهمية الكشف المبكر والإدارة الفعالة لالتهاب الضرع لتحسين صحة وإنتاجية قطعان الألبان.

الكلمات المفتاحية: التهاب الضرع تحت السريري، CMT، جهاز قياس الناقلية، معدل الانتشار.

TABLE DES MATIERES :

-REMERCIEMENTS	I
-DEDICACES	II
-RESUME	III
-LISTES DES FIGURES.	IV
-LISTE DES TABLEAUX.....	V
-LISTE DES ABREVIATION	VI
-INTRODUCTION.....	01

La partie bibliographique:

CHAPITRE I: Anatomie et physiologie de la glande mammaire.

I -<u>Anatomie</u>:	04
I-A-<u>Conformation extérieur</u>:	05
I-A-1-Le corps de la mamelle.....	05
I- A-2-Le trayon.....	06
I-B-<u>Conformation interne</u>:	07
I-B-1-L'appareil suspenseur.....	08
I-B-2-Le parenchyme mammaire.....	10
I- B-3-Le sinus lactifère.....	10
I-B-4-Le canal du trayon:	10
I-B-4-a-La peau.....	11
I-B-4-b- Le muscle sphincter.....	11
I-B-4-c- La kératine dans le canal.....	12

I-B-4 -d-La forme du canal.....	12
I-B-4-e-La rosette de Fürstenberg.....	12
I-B-5- <u>Irrigation de la mamelle</u> :	12
I-B-5- a- Irrigation artérielle de la mamelle	12
I-B-5- b-Irrigation veineuse	13
I-B-5- c- Le système lymphatique	13
I-B-6-Innervation	14
II-<u>physiologie</u>:	15
II-A-Déclenchement de la production du lait	15
II-A-1- La production du lait.....	15
II-A-2-L'éjection du lait.....	16
II-A-2-a- Mécanisme physiologique.....	16
II-A-2-b- Libération de l'ocytocine.....	16
II-A-2-c- Conséquences pratiques.....	17
II-B- Entretien de la sécrétion du lait	17
II-C- <u>Tarissement</u>:	18
II-C-1-Physiologie du phénomène.....	19
III - <u>Structure de la mamelle et conséquences sur la traite et les risques d'infection mammaire</u>:	20
III -A-Équilibre, développement et attache se la mamelle:	20
III -A-1-Développement, attache et importance sanitaire.	20
III -A-2- Importance de l'équilibre pour la traite.....	21

III-B-Important de la forme des trayons pour la traite.....	22
---	----

CHAPITRE II : Les Mammites sub-cliniques des bovins

I - les mammites sub-cliniques:

I-A-Définition.....	24
----------------------------	-----------

I-B-1-Détection et diagnostic:.....	24
--	-----------

I-B-1-1-Niveau cytologique.....	24
---------------------------------	----

I-B-1-2-Niveau bactériologique.....	25
-------------------------------------	----

I-B-1-3-Niveau chimique.....	25
------------------------------	----

I-B-2-Comparaison des méthodes de diagnostic.....	26
--	-----------

I-B-2-a- Le TCT ou Taux Cellulaire du Tank.....	26
---	----

I-B-2-b- Le CCSI ou Comptage Cellulaire Somatique Individuelle.....	26
---	----

I-B-2-c- le CMT (California Mastitis Test)	27
--	----

I-B-2-d- La conductivité électrique du lait(CE)	27
---	----

II-<u>Origines</u>:	28
----------------------------------	-----------

II-A- Les staphylocoques:	28
--	-----------

II-A- 1- <i>staphylococcus aureus</i>	28
---	----

II-A- 2-Staphylocoque à coagulas négative.....	29
--	----

II-B- Les streptocoques:	29
---------------------------------------	-----------

II-B- 1- <i>sterpetococcus uberis</i>	29
---	----

II-B- 2- <i>stertococcus dysgalactiae</i>	30
---	----

II-B- 3- <i>sterptococcus agalactiae</i>	30
--	----

II-C- Les Corynebacterium:	31
---	-----------

II-C-1- <i>Corynebacterium bovis</i>	31
II-D-Les Pseudomonas:	31
II-D-1- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	31
II-E-Les entérobactéries:	32
II-E-1- <i>Escherichia coli</i>	32
III -<u>Traitement et prévention</u>:	34
III -A-Traitement:	34
III -A-1-Traitement hors la lactation:	35
III -A-1- a-Traitement systématique	35
III -A-1- b-Aucun traitement au tarissement.....	36
III -A-1-c- Le tarissement sélectif.....	37
III -A-2-Traitement en lactation	38
III -A-3-sécher la lactation du quartier infecté	39
III -B-Prévention des mammites sub-cliniques:	39
III -B-1-<u>Prévention médicale</u>:	40
III -B-1- a-La prévention lors de tarissement.	40
III -B-1-b-La prévention vaccinale.	41
III -B-2-<u>Prévention zootechnique</u>:	41
III -B-2- a-La machine à traire.	41
III -B-2-b-La technique de traite.....	43
III -B-2-c- Les animaux.....	44
IV-<u>La gestion des mammites sub-clinique en élevage:</u>	44

<u>IV-A-Mammites sub-cliniques et conséquences sur la production laitière:</u>	44
IV-A-1-Mammites sub-cliniques et baisse de la production laitière.	44
IV-A-2-Mammites sub-cliniques et dégradation de la qualité de la production laitière.....	45
<u>IV-B-Mammites sub-cliniques et conséquences économique non liée à la production laitière:</u>	47
IV-B-1-Cout de la prise en charge.....	47
IV-B-1-a-Cout de la prise en charge médicale.....	48
IV-B-1-b-Cout de la main œuvre nécessaire à la gestion en élevage.....	48
IV-B-1-c-Réforme importante.....	48

La partie pratique:

Matériel et méthodes	51
1r Les objectifs	51
2-Lieu de l'expérimentation	51
2-A- Présentation de la wilaya de Tiaret.....	51
2-B- Climatologie de la wilaya:	52
2-B-1 -Température.....	52
2-B-2-Pluviométrie.....	53
2-C-Cheptel et la production laitière.....	53
3-La période de l'expérimentation	53
4-L'effectif de l'expérimentation	53
5-Les critères de choix des vaches pour les tests	54
6-Le matériel utilisé	54

6-1-Pour le test CMT (Californian Mastitis Test)	54
6-2-Pour le test de conductimètre (Draminski)	59
6-3-Pour le test bactériologique.....	63
7-Le schéma expérimental.....	66
Résultats et discussion.	68
1-Les résultats.....	68
1-a-Les résultats des calculs pour chaque ferme.	76
2-discussion.	84
La conclusion.	88
Les références bibliographiques.	
Les annexes.	

Liste des figures:

Figure01: La glande mammaire de la vache.....	04
Figure02 : Conformation extérieure du pis de vache.....	05
Figure03: Schéma anatomique du trayon.....	06
Figure 04: Coupe vertical des quartiers et des trayons	07
Figure 05: Structure interne de la mamelle chez la vache.....	08
Figure 06: Appareil suspenseur de la mamelle, vue transversale.....	09
Figure07: Ligament suspenseur recouvert de la lame médiale, coupe longitudinale médiale, vue caudale.....	09
Figure08: Le canal du trayon et le stratum corneum (kératine).....	11
Figure09: Innervation et vascularisation mammaire (300 litres de sang/h).....	15
Figure 10: La production lactée sous dépendance hormonale.....	18.
Figure11: Conformation externe et objectifs zootechniques d'une mamelle de vache.....	22
Figure 12: Photo microscopique de Staphylococcus aureus.....	28
Figure13: Localisation de S. aureus dans la mamelle.....	29
Figure 14: Localisation de S.uberis dans la mamelle.....	30
Figure15 : Image en 3 dimensions d'Escherichia coli.....	33
Figure16 : Localisation d'E. Coli dans la mamelle.....	33
Figure17 : Apparence d'un obturateur interne dans le canal du trayon et la citerne de la mamelle sur une image radiographique.....	40
Figure 18: Les composants de la machine à traire.....	43
Figure 19: Coûts liés à une mammite.....	48
Figure 20: Carte des communes de la wilaya de Tiaret 1024x1024	52

Figure 21: Flacon contenant le réactif de Teepol (CMT) (original).....	55
Figure 22: Plateau test contenant quatre coupelles a fond noir.....	55
Figure 23: Les étapes du test CMT (original).	57
Figure 24: Un cas positifs dans le test CMT.	58
Figure 25: Le conductimètre de la marque DRAMINSKI le modèle : 4x4 Q MAST.	59
Figure 26: Les étapes du test conductimètre(original).	60
Figure 27: Les étapes du test bactériologique (1, 2, 3, 4,5 original).....	65

Liste des tableaux:

Tableau 01: Epidémiologie des germes responsables de mammite.....	34
Tableau 02: Préconisations de traitement au tarissement prenant en compte les différents facteurs de risque.	38
Tableau03: L'évolution de l'élevage des vaches laitières dans la wilaya de Tiaret de 2018 - 2023.....	53
Tableau04: Lieu est période de notre travail de la wilaya de Tiaret.....	54
Tableau05: Classification du test CMT.....	57
Tableau06: Les résultats.....	59

Liste des abréviations:

CCI: Comptage cellulaire individuel

CMT: Le California Mastitis Test.

%: Pourcent.

UI: Unité internationale.

TRH: Thyrotropine Releasing Hormone.

GH: Growth Hormone.

TCT: Le Taux Cellulaire du Tank.

CCSI: Concentrations Cellulaires Somatiques Individuelles.

CE: La conductivité électrique.

SCN: Staphylocoque à coagulas négative.

CCS: Concentration cellulaire somatique.

PCR: Polymerase Chain Reaction.

PFGE: Pulsed-Field Gel Electrophoresis.

MSC: Mammite subclinique.

IMI: Intramammary infection.

T: le temps.

AD: Trayon Antérieur Droit.

PD : Trayon Postérieur Droit.

AG : Trayon Antérieur Gauche.

PG: Trayon Postérieur Gauche.

QUAR: quartier de la glande mammaire.

NL: numéro de lactation.

ADN: L'acide désoxyribonucléique.

EMB : Eosin methylene blue.

Introduction

Introduction

La mammite est une maladie qui provoque une inflammation sévère de la glande mammaire et du tissu de la mamelle chez les bovins laitiers. Elle survient généralement en réponse immunitaire à une invasion bactérienne du canal du trayon et peut également survenir à la suite de lésions chimiques, mécaniques ou thermiques de la mamelle. La mammite peut se produire sous forme de mammite clinique facilement reconnaissable, mais elle peut également exister dans le troupeau sous sa forme subclinique, avec peu ou pas de symptômes présents. **(phibro 2020).**

L'examen du lait est primordial pour détecter les mammites, affections courantes et coûteuses en élevage bovin laitier. Les mammites cliniques sont rapidement identifiées car les sécrétions du pis, l'aspect de la mamelle ou l'état général de l'animal sont modifiés. En revanche, les mammites subcliniques sont plus difficiles à détecter bien qu'elles soient plus nombreuses que les mammites cliniques et qu'elles soient aussi associées à des pertes de production élevées. L'inflammation de la glande mammaire est le plus souvent due à une infection par des micro-organismes (bactéries, champignons, algues) que seule l'analyse microbiologique en laboratoire permet de mettre en évidence. Cependant, cet examen de référence est coûteux. Comme l'inflammation mammaire entraîne un afflux marqué de leucocytes sanguins vers la mamelle et un changement de la composition du lait, les mammites peuvent être identifiées en utilisant des méthodes indirectes : le comptage cellulaire individuel (CCI), le CMT (California Mastitis Test) et la détermination de la conductivité électrique du lait **(Jérôme Carrier et al 01/08/2004).**

Notre étude consiste :

- En premier lieu à une étude bibliographique qui débute par des rappels anatomiques et physiologiques de la glande mammaire, puis par une étude analytique des mammites sub-cliniques.
- En second lieu par une étude expérimentale qui repose sur une comparaison des méthodes de dépistage qui sont le CMT et le conductimètre (Draminski).

La partie bibliographique

**CHAPITRE I: Anatomie et physiologie
de la glande mammaire**

CHAPITRE I: Anatomie et physiologie de la glande mammaire.**I-Anatomie:**

La glande mammaire (ou pis) de la vache est lourde et volumineuse. Son poids peut chez la vache adulte être supérieur à 50 kg. Chez une pluripare, la dimension du pis peut constituer un indicateur relatif du niveau de production laitière. Chez une primipare ce n'est pas le cas, le pis continuant à croître pendant la première lactation. 60 % du lait est produit par les quartiers arrière. Cependant la sélection génétique a contribué à équilibrer davantage la production de lait par les 4 quartiers (**Hanzen2015-2016**). La glande mammaire comporte 4 quartiers indépendants les uns des autres, (**Hanzen 2009-2010**) chaque quartier comporte du tissu sécréteur entouré de stroma, une citerne et un trayon. Ils sont en effet séparés par un ligament médian de fixation et par des ligaments latéraux (profonds et superficiels) de support qui les attachent à la paroi abdominale et au bassin. Les quartiers avant et arrière sont séparés par une fine membrane conjonctive. Chaque quartier se prolonge par un trayon. La mamelle de la vache présente parfois des anomalies. La polythélie consiste en la présence de 4 trayons surnuméraires et la polymastie en la présence de quartiers supplémentaires. A l'inverse, il peut se faire qu'un quartier soit absent (oligomastie). (**Hanzen 2015-2016**).

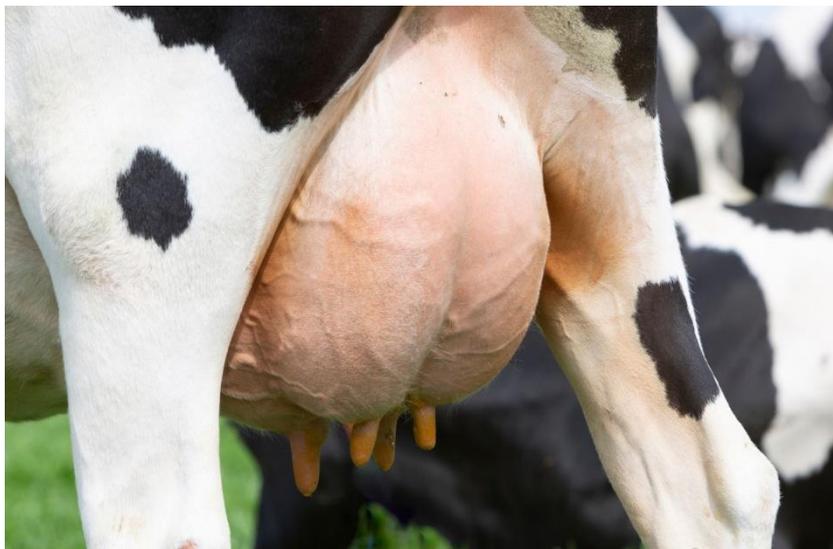


Figure01: la glande mammaire de la vache. (**agrivet.eu18/04/2023**)

I -A-Conformation extérieur :

Le pis de la vache est composé de deux paires de mamelles inguinales, symétriques, également nommées quartiers. Le pis est attaché dorsalement à la tunique abdominale. Les mamelles gauches et droites sont séparées par un sillon médian profond et bien marqué : le sillon inter-mammaire (**Pommier 2009**).

Les deux mamelles gauches, comme les deux mamelles droites sont séparées par un sillon large et peu profond : le sillon transverse (**Barone 2001**). Les sillons traduisent la présence de ligaments suspenseurs sous-jacents essentiels dans le maintien de la conformation mammaire. En effet, les ligaments suspenseurs assurent une bonne conformation et limitent ainsi les phénomènes de sous-traite ou plus simplement l'entrée de pathogènes et donc assurent ainsi une lutte anatomique contre les mammites. Chaque mamelle est composée de deux parties : le corps et la papille mammaire ou trayon.

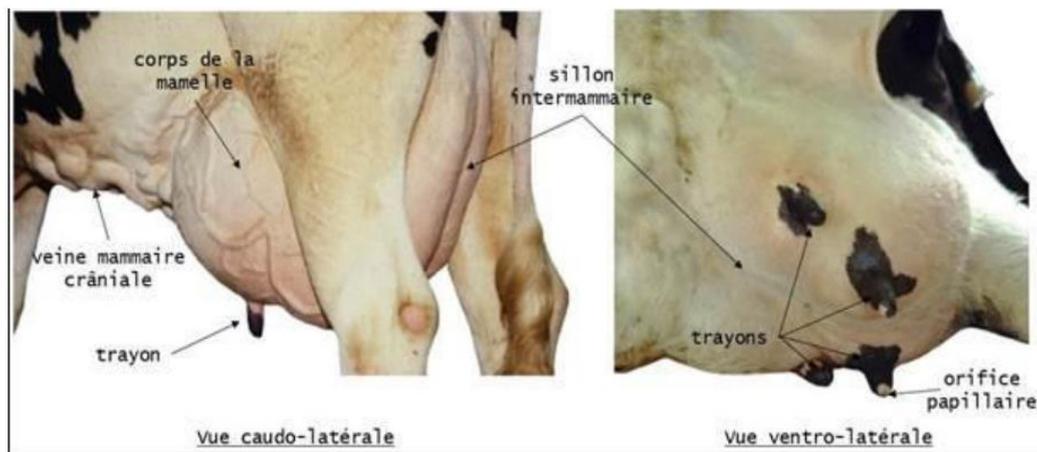


Figure02 : Conformation extérieure du pis de vache. (**Pommier 2009**)

I -A-1-Le corps de la mamelle:

Le corps de la mamelle est composé d'une peau fine, souple et peu adhérente au plan sous-jacent. La peau est recouverte de poils fins et très courts. La peau contient des glandes sébacées et sudoripares permettant la thermorégulation. Au tarissement, les corps mammaires sont jusqu'à deux fois moins volumineux que pendant la lactation.

I-A-2-le trayon:

Chaque quartier se termine par un trayon. Il se compose d'une citerne du trayon (partie glandulaire du sinus lactifère) en communication avec la citerne de la glande via le relief annulaire. A son extrémité se situe le conduit papillaire ou canal du trayon. Ses caractéristiques sont :

- Longueur : 3 à 10 cm, Diamètre : 2 à 4 cm.
- Repli annulaire (tissu érectile veineux) entre la citerne du pis et le sinus du trayon.
- Nombreux vaisseaux et nerfs (terminaisons nerveuses, mécano et thermorécepteurs).
- Le canal du trayon de Longueur de : 5 à 13 mm.
- Diamètre : 1 à 2 mm (ouvert) ; 0.4 mm (fermé). (Hanzan ; 2005-2006)

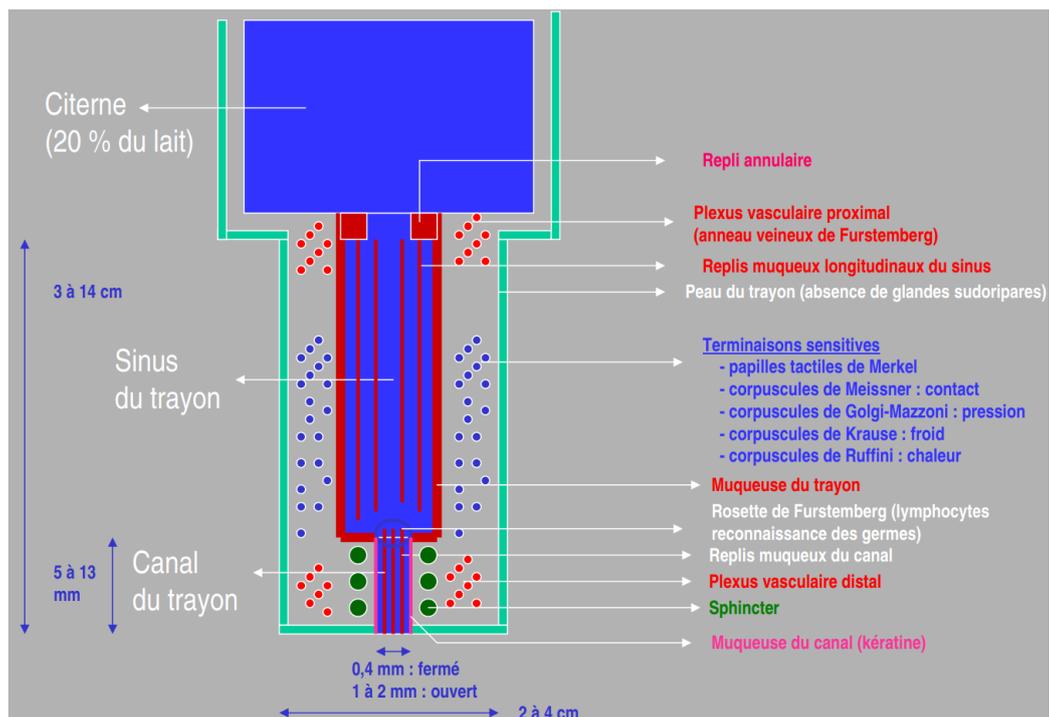


Figure03: Schéma anatomique du trayon. (2007-2008 Hanzan)

Le trayon a une peau très mince, glabre et très adhérente au plan sous-jacent. Son extrémité n'est percée que par un seul ostium papillaire (Pommier 2009). Lors du tarissement le trayon est mou à la palpation et ridé, sauf à son extrémité ventrale qui reste ferme du fait de la présence du sphincter musculaire. Cette consistance molle lors du tarissement limite les

traumatismes et ainsi le risque de contamination par des pathogènes issu du milieu extérieur (Pommier 2009).

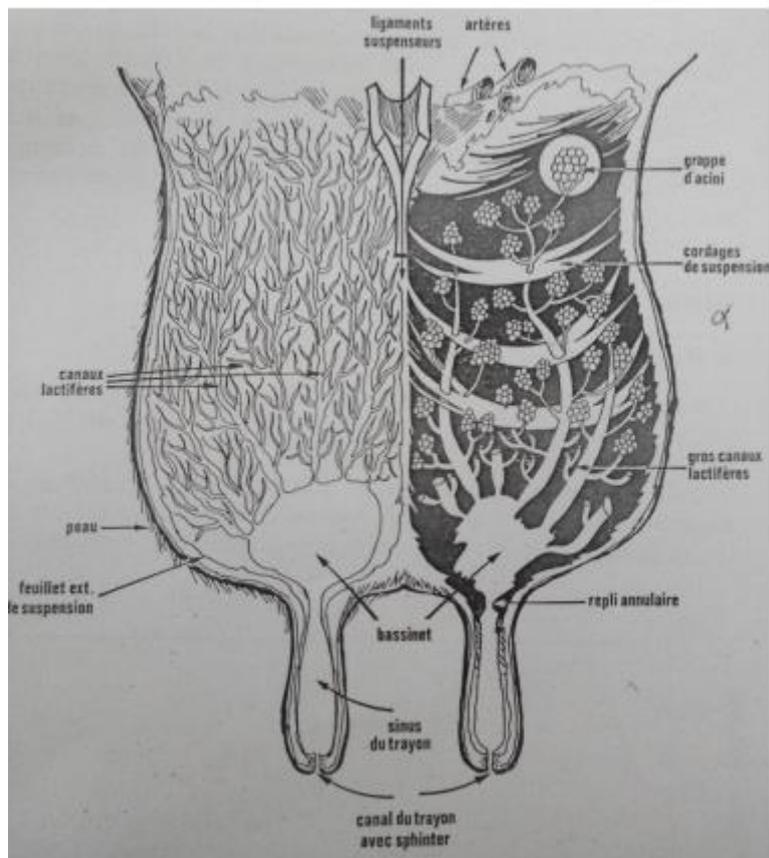


Figure 04: Coupe vertical des quartiers et des trayons (biosol.free.fr)

I-B-Conformation interne:

Les mamelles sont distinctes d'un côté à l'autre. Cette indépendance fonctionnelle est assurée par un septum fibro-élastique reflété à l'extérieur par le sillon inter-mammaire. L'indépendance entre les deux mamelles du même côté est aussi assurée par un septum fibro-élastique cependant moins marqué que le précédent. En coupe, le quartier présente 4 structures : l'appareil suspenseur, le parenchyme mammaire, le sinus lactifère et le conduit papillaire (Pommier 2009).

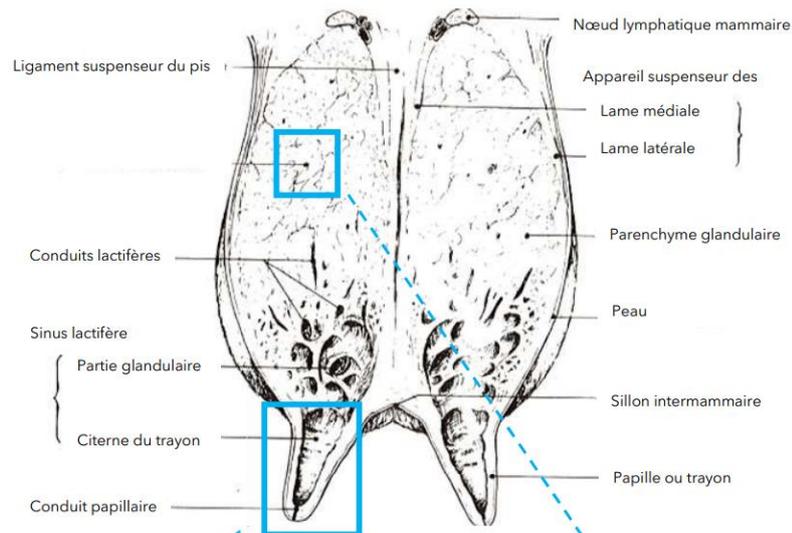


Figure 1.1: Coupe transversale passant par les quartiers caudaux des mamelles de vache (d'après BARONE 1978)

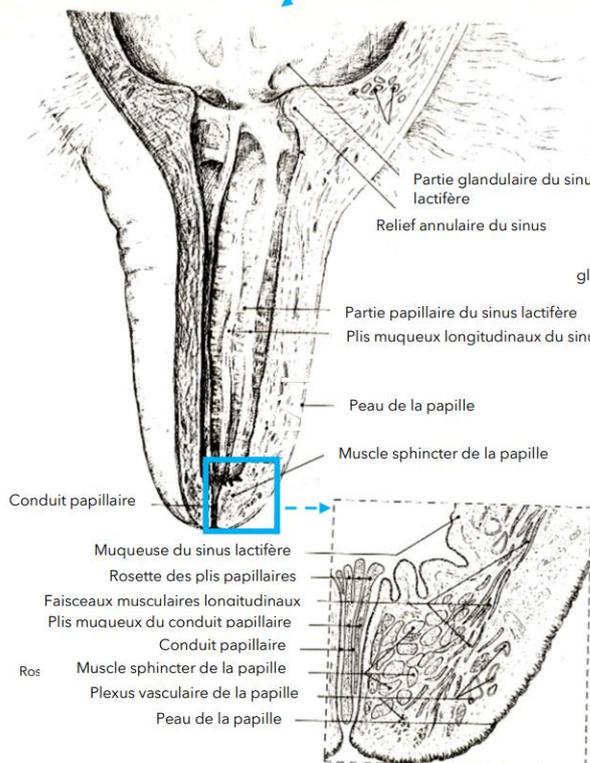


Figure 1.2 : Conformation et structure du trayon chez la vache (d'après BARONE 1978)

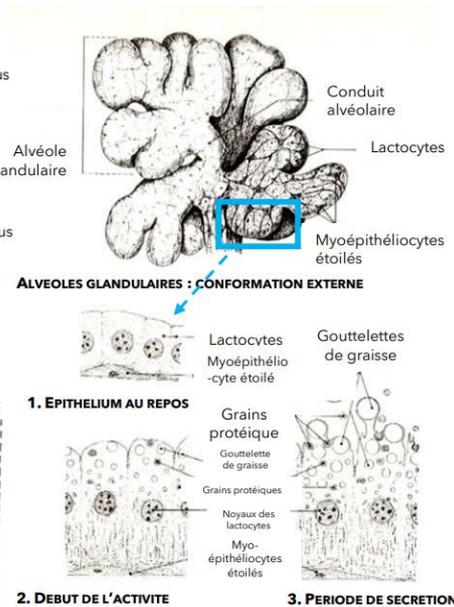


Figure 1.3: Conformation et structure des alvéoles mammaires (d'après BARONE 1978)

Figure 05: Structure interne de la mamelle chez la vache (d'après BARONE 1978).

I-B-1-L'appareil suspenseur:

L'appareil suspenseur est une structure fibro-élastique entourant le parenchyme mammaire et l'attachant à la tunique abdominale. Pour chaque mamelle, il est composé d'une lame latérale qui se porte jusqu'à la région périnéale et d'une lame médiale beaucoup plus développée. Celle des mamelles droites et gauches s'adosent dans le plan médian formant

un septum épais, devenant le ligament suspenseur du pis. Les ligaments permettent de maintenir le pis équilibré, ce qui évite les problèmes de sur-traite ou sous-traite présents lors de déséquilibres entre les quartiers antérieurs et postérieurs. Ils permettent aussi de maintenir le pis assez haut et de limiter ainsi l'entrée de pathogènes en limitant la proximité du pis avec le sol. Les ligaments apparaissent donc essentiels dans le maintien de la conformation de la mamelle pour lutter contre l'apparition de mammites. (Hanzen2009).

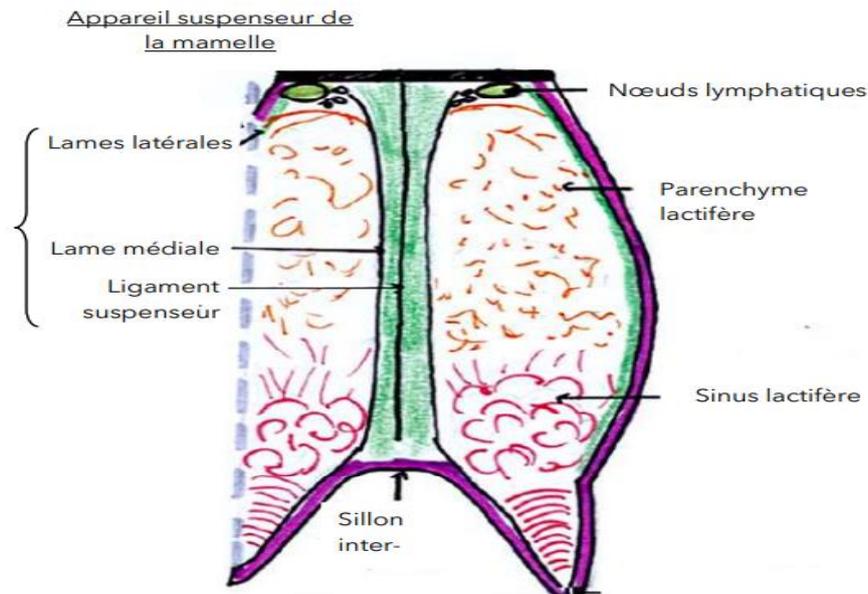


Figure 06: Appareil suspenseur de la mamelle, vue transversale (DUCLOUX Alexandra 2023).

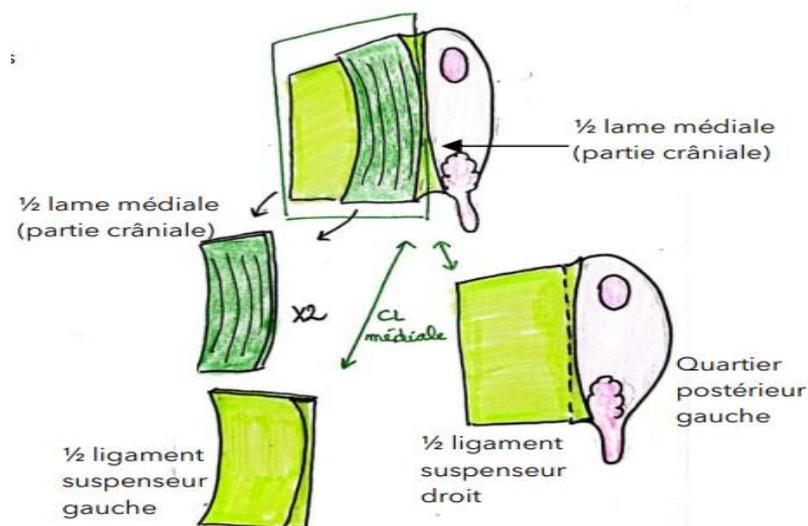


Figure07: Ligament suspenseur recouvert de la lame médiale, coupe longitudinale médiale, vue caudale (DUCLOUX Alexandra 2023).

I-B- 2-Le parenchyme mammaire:

Le parenchyme mammaire est composé de deux parties : le parenchyme conjonctif de soutien et le parenchyme glandulaire. Le parenchyme conjonctif est un tissu conjonctivo-adipeux adhérent à l'appareil suspenseur. Le parenchyme glandulaire est composé de cellules glandulaires associées en acini ou alvéoles mammaires, elles-mêmes organisées en lobes. Chaque alvéole est constituée principalement d'une couche monocellulaire (lactocytes) qui est le lieu de synthèse du lait (**SCOTT, 1988**).

I-B- 3-Le sinus lactifère:

Les conduits lactifères présentent à la base de la papille (trayon), une dilatation anfractueuse appelée le sinus lactifère. Ce sinus est unique chez les ruminants. Il n'est pas limité au corps même de la mamelle mais s'étend dans la plus grande partie du trayon. Il présente une partie glandulaire et une partie papillaire qui se termine par un conduit papillaire tapissé de muqueuse blanchâtre, finement plissée en long, dessinant à la jonction avec le sinus lactifère, une délicate collerette qualifiée de « rosette de Fürstenberg » qui joue le rôle d'obturation du conduit en dehors de la traite ou de la tétée et de protection du sinus contre l'invasion microbienne (**BARONE, 2001**).

Sous la peau et le fascia superficiel du périnée, se situent les nœuds lymphatiques retro-mammaires (**BARONE, 2001**).

Les lactocytes entourent la lumière alvéolaire et reposent sur un fin réseau de cellules myoépithéliales (**Kehrli J, et al 1994**). Sur le bassinnet s'ouvrent de nombreux gros canaux lactifères qui conduisent le lait vers le trayon au fur et à mesure que ces canaux remontent vers le haut de la mamelle, ils se ramifient à la façon des branches et branchettes d'un arbre.

Les canaux les plus fins et les canalicules débouchent sur les alvéoles (**KEHRLI et al, 1994**), Les alvéoles sont entourées par un tissu parenchymateux, et sont très liées à la citerne de la glande, d'un volume moyen de 400(ml), via les tubules et les canaux galactophores (**PAAPE al, 2003**).

I-B- 4-Le canal du trayon:

Est localisé à l'extrémité inférieure du trayon, Sa longueur est comprise entre 5 à 13 mm

(9mm en moyenne). Ouvert, son diamètre est de 1 à 2 mm. Le diamètre du canal du trayon est plus grand dans sa partie proximale (0.8mm) que dans sa partie distale (0.4mm).

-Le canal du trayon constitue la première barrière sans doute la plus efficace qui s'oppose aux infections de la mamelle (**Kennedy B.W, et al 1982**).

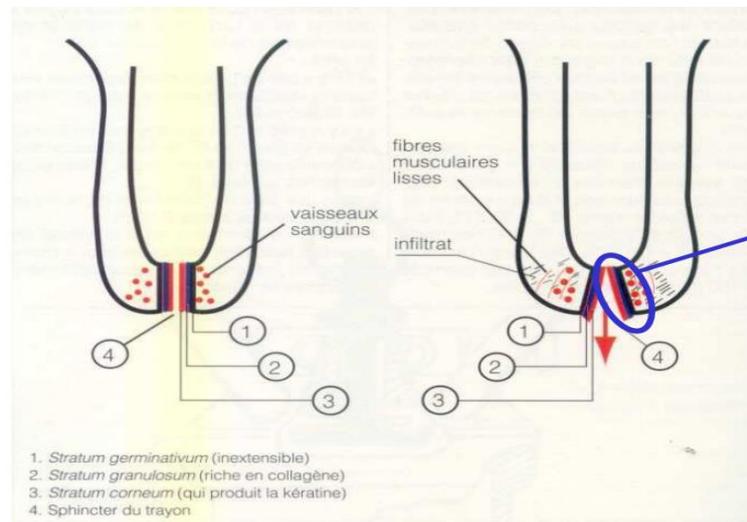


Figure08: Le canal du trayon et le stratum corneum (kératine) (**2007-2008 Hanzen**)

I-B- 4-A-La peau:

La peau glabre présente une couche hydrolipidique ayant une action bactériostatique. Cette couche est associée à un épithélium squameux pluristratifié constitué de cellules mortes et de kératine. Cet ensemble ne constitue pas un milieu favorable au développement des bactéries (**Blowey, Edmondson 2010**), il s'agit d'un élément anatomique essentiel dans la lutte contre les mammites. En revanche les lésions cutanées des trayons causées par des traumatismes ou des gerçures sont des zones favorables à la multiplication bactérienne.

I-B-4-B-Le muscle sphincter:

Le sphincter est constitué par un muscle lisse circulaire élastique situé autour du canal du trayon, forme l'orifice du trayon. Il détermine par sa contraction le diamètre du canal. Il est relâché physiologiquement après la traite et assure une fermeture hermétique entre 30 minutes et jusqu'à deux heures après la traite. La contraction du sphincter assure l'incapacité des pathogènes à pénétrer à l'intérieur du trayon en dehors des temps de traite (**Couture, Mulon 2005**) et empêche toute contamination (**Arfi L., 1995**).

I-B-4-C-La kératine dans le canal:

La kératine tapisse l'intérieur de canal du trayon et fait le lien entre le muscle sphincter et la lumière du canal. Elle joue un rôle bactériostatique important, puisque les bactéries pénétrant dans le canal du trayon viennent s'adsorber sur les couches superficielles de kératine, ce qui stoppe ainsi leur multiplication (**Couture, Mulon 2005**). Les bactéries sont alors éliminées lors de la traite en tirant les premiers jets (**Blowey, Edmondson 2010**).

I-B-4-D-La forme du canal:

Le canal est composé de nombreux replis ce qui ralentit la progression des pathogènes à l'intérieur du canal (**Arfi 1993**). De plus, le diamètre du canal est plus important en partie proximale qu'en partie distale ce qui lui confère une forme d'entonnoir et limite ainsi l'entrée des bactéries.

I-B-4-E-La rosette de Fürstenberg:

Il s'agit d'un amas de lymphocytes situés à l'intérieur de la partie distale du canal, près de l'ouverture sur le milieu extérieur. Ces cellules détectent l'entrée de pathogènes et stimulent la réponse immunitaire (**Blowey, Edmondson 2010**).

I-B-5- Irrigation de la mamelle :

La mamelle de la vache doit être fortement vascularisée, le système sanguin joue un rôle primordial dans les processus de synthèse et d'éjection du lait (apport des nutriments et hormones nécessaires). Environ 15 000 litres de sang circulent au travers de la mamelle sur une journée. En effet, il faut 500 litres de sang circulant pour synthétiser un litre de lait et une vache produit en moyenne 30 kg de lait par jour (**Billon et al. 2009**).

I-B-5- a- Irrigation artérielle de la mamelle:

La majorité du sang artériel arrive à la mamelle via les deux artères pudiques externes (à droite et à gauche), branches des artères iliaques, dérivées de l'aorte, qui cheminent au sein du canal inguinal. La partie arrière de la mamelle est aussi irriguée par les artères périnéales, issues des artères iliaques internes provenant de l'aorte. Dès leur entrée dans la mamelle, les artères pudiques externes deviennent les artères mammaires. À leur sortie du canal inguinal, elles prennent une disposition en S qui laisse des possibilités d'allongement pour

les mouvements de la mamelle dans le plan vertical (lorsque la vache marche par exemple). Pour finir, les artères mammaires antérieures et postérieures se divisent en vaisseaux de plus en plus fins au sein de la mamelle, constituant ainsi des artérioles qui vont irriguer abondamment l'ensemble des tissus mammaires. (Billon et al. 2009).

I-B-5-b-Irrigation veineuse :

Le sang sort de la mamelle par deux voies :

- La veine sous cutanée abdominale (voie de retour veineux principale) qui débute en avant de la ceinture veineuse, court le long de la paroi abdominale qu'elle traverse au niveau du sternum par un orifice appelé la « fontaine de lait » puis plonge enfin dans la veine thoracique interne. Ses ramifications drainent la paroi antérieure de la mamelle. (Billon et al. 2009).

- La veine pudique externe ou veine inguinale qui suit le trajet de l'artère inguinale. C'est la principale voie de retour du sang vers le cœur lorsque l'animal est couché.

I-B-5-c-Le système lymphatique:

On y retrouve des vaisseaux et des ganglions. Le système lymphatique a pour rôle de drainer le tissu interstitiel et de transporter les éléments exogènes au contact des cellules immunitaires dans les ganglions lymphatiques. Il est aussi capable d'apporter des cellules spécialisées dans la défense immunitaire (leucocytes) et d'aider à la réparation des tissus sur le lieu d'une agression. Un système de valves anti-retour permet aux vaisseaux lymphatiques de restituer la lymphe dans la circulation veineuse. Du point de vue anatomique, on retrouve les vaisseaux lymphatiques en position sous-cutanée au niveau de la mamelle. Souvent confondus avec des vaisseaux sanguins, ils sont translucides et d'un diamètre compris entre 5 et 7 mm chez la vache. On les retrouve principalement dans la paroi interne des trayons, premiers organes en contact avec le milieu extérieur. Ils cheminent vers le canal inguinal où se trouvent de part et d'autre les ganglions supra-mammaires pouvant atteindre 6 à 10 cm et peser 150 à 200 grammes. L'action de ces gros ganglions est renforcée par des ganglions plus petits répartis de chaque côté de la mamelle (7 au maximum). Chez les génisses prêtes à vêler, beaucoup de lymphe circule au niveau du tissu sécréteur. Son débit peut atteindre jusqu'à 1 litre par heure et par mamelle. Si le pis est comprimé (poids du fœtus ou

développement rapide suite à la montée de lait), la lymphe s'accumule entre la peau et le tissu sécréteur à l'origine d'œdème mammaire.

I-B-6-Innervation:

Très fortement innervée, la mamelle comporte essentiellement un système nerveux sensitif qui transmet les influx nerveux, indicateurs de son état, au cerveau. Le trayon est la seule partie de la mamelle dans laquelle est présente une activité motrice. Les quelques nerfs moteurs commandent au tissu musculaire des réactions spécifiques. Par exemple, ils contrôlent la force et le rythme des contractions des tissus myoépithélial et vasculaire de type lisse. Les fibres nerveuses sensitives prennent leur origine au niveau des vertèbres lombaires (L1 à L4) et des vertèbres sacrées (S2 à S4). Elles se dirigent vers la mamelle où elles s'y divisent pour innerver les flancs, les trayons, le tissu sécréteur, les ganglions supra mammaires, la peau et la partie postérieure du pis. Dans le réflexe d'éjection du lait, elles assurent la première étape correspondant à la transmission de l'influx nerveux de la mamelle au cerveau. Les terminaisons nerveuses sensitives spécialisées sont très présentes au niveau du derme et de l'épiderme du trayon. Particulièrement réactives à la pression et à la température, leur stimulation lors de la préparation de traite est primordiale pour la mise en place du mécanisme d'éjection du lait. On retrouve les papilles tactiles de Merkel sensibles au contact, les corpuscules de Golgi-Mazzoni sensibles à la pression, les corpuscules de Krause sensibles au froid et les corpuscules de Ruffini sensibles à la chaleur (**Gourreau et al. 1995**).

Les fibres nerveuses motrices sont issues des ganglions du système orthosympathique situés le long de la moelle épinière. Voisines du nerf inguinal, elles se divisent dans l'ensemble de la mamelle pour agir sur les muscles lisses du trayon, des canaux galactophores et de la paroi des vaisseaux sanguins, participant ainsi à l'éjection du lait.

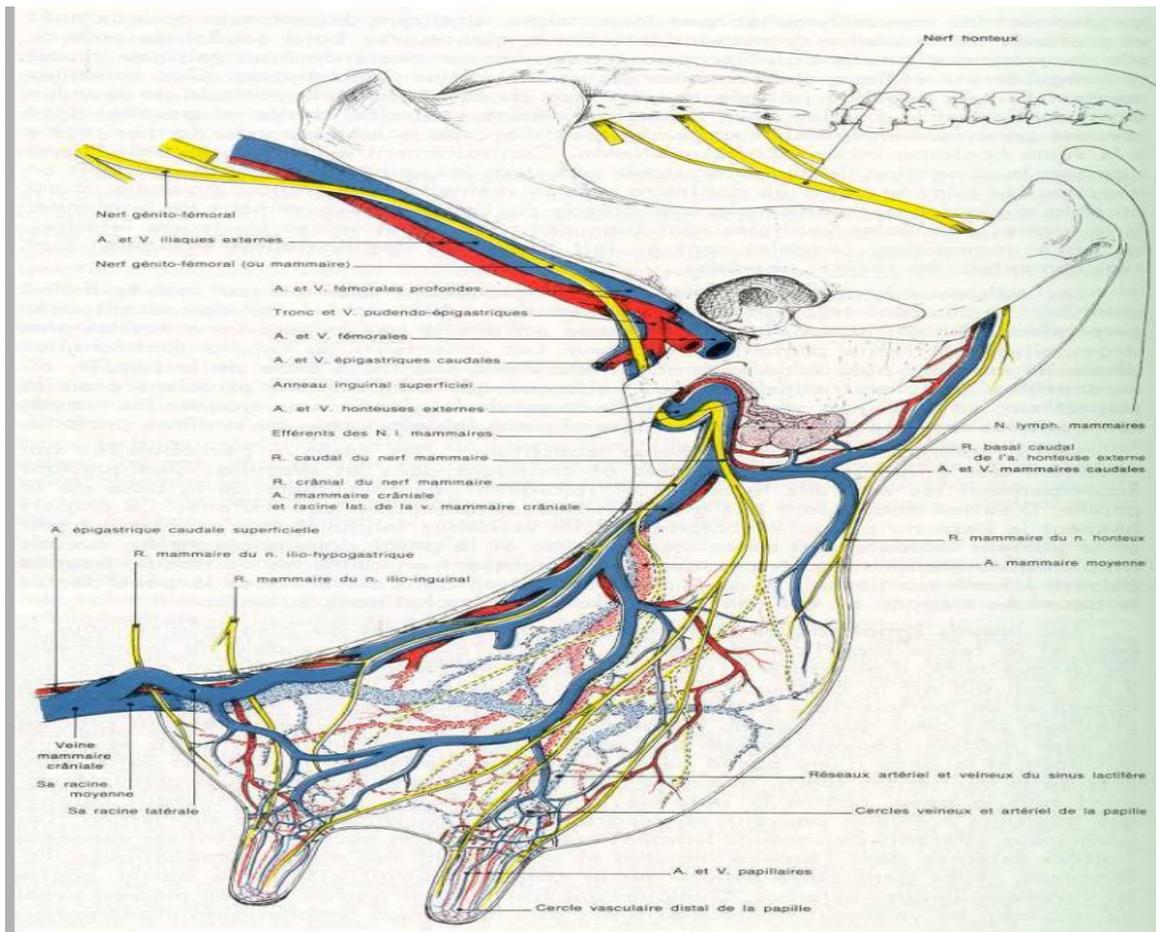


Figure09: Innervation et vascularisation mammaire (300 litres de sang/h) (2007-2008 Hanzen).

II-Physiologie:

II-A-Déclenchement de la production du lait:

II-A-1-La production du lait:

Le déclenchement de la production laitière est lié chez la vache à la parturition. De nombreuses hormones entrent en jeu. Juste avant la parturition, la chute de progestérone entraîne une baisse de la libération de la dopamine (Jammes, Djiane 1988). A partir d'un certain seuil, le rétrocontrôle négatif exercé par la dopamine sur la libération de la prolactine n'est plus efficace (Martinet 1993). La prolactine stockée dans l'antéhypophyse est donc libérée et va activer les cellules des acini mammaires qui vont produire du lait.

II-A-2-L'éjection du lait:**II-A-2-a-Mécanisme physiologique:**

La succion par le veau ou par la machine à traire ne semble pas suffisante pour extraire le lait alvéolaire car des phénomènes de tension superficielle retiennent le lait dans les petits canalicules dont le diamètre n'excède pas quelques microns. En fait le lait est expulsé activement hors des acinis grâce à un réflexe neuroendocrinien. L'influx nerveux induit au niveau des terminaisons sensibles de la mamelle par les stimulations du nouveau-né ou par les interventions mécaniques ou manuelles de la traite gagne les noyaux supra-optiques et para ventriculaires du complexe hypothalamo-hypophysaire par les nerfs mammaires et la moelle épinière. Il provoque une décharge d'ocytocine qui par la voie sanguine va provoquer la contraction des cellules myoépithéliales entourant les acinis : ceux-ci s'aplatissent et le lait est expulsé. On comprend ainsi le rôle essentiel joué par l'innervation mammaire. Les nerfs mammaires sont composés de fibres sensibles appartenant au système cérébrospinal et de fibres motrices sympathiques. Chez la vache, l'innervation de la mamelle est assurée par une branche ventrale du premier et second nerf lombaire, une branche ventrale et dorsale du nerf inguinal qui se divise en nerf inguinal antérieur et postérieur et par le nerf périméal trouvant son origine dans les différentes branches du nerf honteux. Les parois du trayon sont également richement innervées. Mais les avis divergent quant à la nature des terminaisons sensorielles (mécanorécepteurs, thermorécepteurs) (**Hanzen 2009-2010**).

II-A-2-b-Libération de l'ocytocine:

La libération pulsatile de l'ocytocine est rapide : 1 minute. Son mécanisme est complexe et encore imparfaitement décrit. On sait néanmoins qu'elle est stimulée par l'acétylcholine. Dans les noyaux supra optiques et para ventriculaires, des relais adrénérgiques participent à la décharge d'ocytocine. Les récepteurs alpha ont un effet de stimulation tandis que les récepteurs bêta ont un effet inhibiteur. Les effets inhibiteurs du récepteur bêta peuvent également être périphériques : ils entraînent une diminution des réponses des cellules myoépithéliales à l'ocytocine. A l'inverse cependant, ils peuvent faciliter l'évacuation du lait par la relaxation de la musculature lisse des canaux galactophores et du trayon alors que les alpha-mimétiques seront à l'origine d'une vasoconstriction freinant l'arrivée de l'ocytocine sur les cellules myoépithéliales. (**Hanzen 2009-2010**).

II-A-2-c-Conséquences pratiques:

En une traite, la vache libère environ un tiers de l'ocytocine présente dans l'hypophyse ce qui correspondrait à l'injection de 0,5 à 1 UI. La demi-vie particulièrement courte de l'ocytocine (4 minutes chez la vache) et sa libération maximale dans la minute suivant un massage de 30 secondes des trayons imposent à l'éleveur de brancher rapidement les manchons trayeurs s'il veut profiter de l'effet bénéfique mais fugace de cette hormone. Il semble bien que plus que la quantité d'ocytocine libérée, ce soit le délai de sa libération qui est important. D'une manière générale, il apparaît que la quantité de lait recueillie à la machine à traire soit de plus en plus faible au fur et à mesure que le délai entre la préparation de la mamelle et la pose des gobelets augmente. L'effet de la température de l'eau de massage est controversé, des thermorécepteurs n'ayant pas été formellement identifiés. Par contre, la durée du massage n'est pas sans importance, une durée de 20 à 30 secondes est considérée comme optimale, une durée de 5 secondes étant considérée comme inefficace. Il devrait idéalement être adapté au stade de lactation, la libération d'ocytocine diminuant au cours du temps. La suppression du massage entraîne selon les auteurs une perte de production comprise entre 0 et 9 %. Il ne peut cependant être envisagé que si les mamelles sont propres. Il entraîne dans ce cas une augmentation de 30 à 60 secondes du temps d'écoulement du lait car à ce moment c'est la machine à traire qui est responsable de la libération d'ocytocine. D'autres stimuli ou réflexes conditionnés (rassemblement des vaches dans la salle d'attente, l'entrée en salle de traite, la distribution d'aliments concentrés) sont susceptibles d'entraîner une perte de lait (Milk leakage). Ils traduiraient une action du système parasympathique induisant un relâchement des fibres musculaires du sphincter. L'ocytocine ne serait donc pas le médiateur de cet effet. (**Hanzen 2009-2010**).

II-B-Entretien de la sécrétion du lait:

L'entretien de la sécrétion de lait dépend de la production du lait. Lors de la stimulation mécanique pendant la traite, l'influx nerveux transite par le faisceau spinothalamique et stimule l'hypothalamus. Ce stimulus entraîne la libération de TRH (Thyrotropine Releasing Hormone) par l'hypothalamus, qui active la synthèse de prolactine et hormone de croissance (GH) par l'antéhypophyse qui conduisent à la galactopoïèse (**Jammes, Djiane 1988**). Ce

stimulus entraîne aussi la sécrétion d'ocytocine par la neurohypophyse, qui favorise l'irrigation du pis pour apporter les nutriments nécessaires à la galactopoïèse et la contraction des cellules myoépithéliales des acini mammaires et des canaux galactophores permettant l'éjection du lait (**Hanzen 2009**).

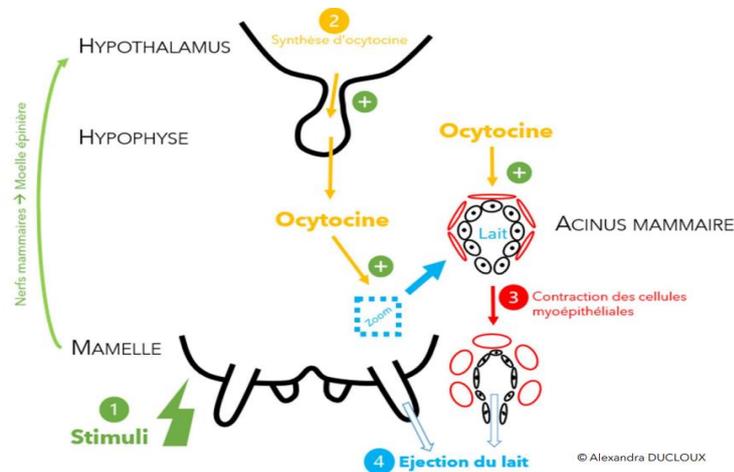


Figure 10: La production lactée sous dépendance hormonale. (**DUCLoux Alexandra 2023**).

II-C-Tarissement:

Le tarissement se définit comme l'arrêt de la sécrétion de lait. C'est la dernière ligne droite de l'évolution du fœtus avant la naissance et la préparation de la lactation suivante. C'est également la période permettant de remettre la vache d'aplomb pour qu'elle puisse être capable d'assurer le vêlage, qui représente un bouleversement physiologique important. Un bon tarissement sera nécessaire pour limiter les maladies du post-partum (fièvre de lait, non délivrance, métrites, caillettes) et de la future reproduction. Cette phase est aussi essentielle pour la santé du veau, sa conformation, ainsi que ses défenses immunitaires. Faute d'apports suffisants pendant le tarissement, le colostrum sera pauvre en vitamines, minéraux et surtout en immunoglobulines nécessaires à l'immunité dans les premiers jours de vie. Il est donc essentiel de mettre toutes les chances de son côté pour assurer cette période et démarrer sur de bonnes bases la lactation suivant (**Claire Ingremeau 2020**).

II-C-1-Physiologie du phénomène:

Trois phases physiologiques se succèdent au cours du tarissement au niveau de la mamelle :

1-Phase initiale d'invololution : (ARRÊT DE LA TRAITE-3-4 SEMAINES)

Le tissu sécrétoire se désorganise, entraînant la régression finale de la lactation.

2-Phase dite intermédiaire : (3-4 SEMAINES-5-6 SEMAINES)

La mamelle est complètement involuée et a cessé toute activité de sécrétion.

3-Phase terminale de régénérescence : (5-6 SEMAINES-VÊLAGE)

Le tissu sécrétoire se régénère et entraîne le redémarrage de la sécrétion. Cette phase débute avec la formation du colostrum. (Claire Ingremeau 2020).

- Pendant ces phases on voit une diminution des besoins énergétiques et des quantités ingérées. (Claire Ingremeau 2020).
- Le changement d'alimentation joue un rôle important.

On distingue trois étapes:

1-Post-lactation (7 à 14 jours):

On donne alors une diète réduite constituée de foin fibreux et pauvre pour provoquer une baisse rapide de la sécrétion laitière et stimuler le rumen. On doit réduire de beaucoup l'eau disponible pour l'abreuvement. Daniel Lapointe conseille également à cette étape de donner 4 gouttes par jour d'huile essentielle de sauge ou de menthol et du charbon de bois deux fois par jour pour faire cesser la production.

2-Sèche (30-90 jours):

La diète est alors constituée surtout de fourrages avec un bon équilibre énergie-protéine et minéraux.

3-Pré-lactation (7 à 14 jours avant vêlage):

À la ration fourragère balancée, on ajoute des concentrés riches en énergie en quantité modérée. L'utilisation d'un bain de trayon au début et à la fin de la période (quinze jours avant le vêlage et 15 jours après le tarissement) où la vache est tarie peut être bénéfique dans les troupeaux où les mammites cliniques sont fréquentes (**Oliver et al, 1956**) (**Jean Duval Z, 1987**).

III-Structure de la mamelle et conséquences sur la traite et les risques d'infections mammaires:**III-A-Équilibre, développement et attaches de la mamelle:****III-A-1-Développement, attaches et importance sanitaire:**

La structure de la mamelle apparaît essentielle pour une productivité optimale, l'objectif zootechnique étant de produire le plus de lait avec la meilleure qualité sanitaire possible. Ainsi, le plus grand volume de mamelle possible est recherché par les éleveurs. Le volume de mamelle est appelé techniquement le développement et est indexé génétiquement chez les races laitières. Or ce développement de mamelle est limité par le facteur sanitaire. En effet, une mamelle plus proche du sol est d'autant plus exposée à une contamination extérieure par des germes environnementaux (**Réseau canadien de recherche sur la mammite bovine**). Lorsque le contact des trayons avec le sol est limité, ceux-ci restent plus propres et moins exposés aux traumatismes et ont donc moins de contact avec des pathogènes (**Bakken 1981**).

L'objectif zootechnique sera donc d'avoir une mamelle dont le développement inférieur n'excède pas l'angle du jarret afin de limiter les risques de mammites. Ainsi, le volume maximum sera recherché de deux manières différentes. On cherchera à obtenir des quartiers antérieurs venant s'attacher le plus crânialement possible sous l'abdomen pour avoir un réservoir horizontal et des quartiers postérieurs venant s'attacher le plus dorsalement possible sous la vulve pour obtenir un réservoir vertical .

III-A-2-L'importance de l'équilibre pour la traite :

Le fonctionnement de la traite mécanique est basé sur l'équilibre parfait d'un binôme homme-machine : le trayeur et la machine à traire. Le rôle des deux partenaires est clair : au trayeur de s'assurer de l'hygiène des trayons et de provoquer la descente du lait ; à la machine à traire ensuite de récolter ce lait de manière hygiénique et non agressive. (**Jessica EBLE, Mars 2014**).

La traite se réalise par gravité. La machine à traire fait le vide dans le manchon trayeur et ainsi, lors de l'ouverture du sphincter terminal, le lait tombe dans le manchon trayeur. Un autre caractère zootechnique important est donc l'équilibre de la mamelle, la mamelle doit élever des rappels physiologiques sur la formation du lait ou Sécrétion sous déterminisme hormonal ou Éjection déclenchée par stimulus tactile au niveau du trayon et permise par action de l'ocytocine être la plus horizontale possible pour faciliter la vidange des quartiers. En effet, si la mamelle présente un déséquilibre, une sur traite de certains quartiers et inversement une sous-traite des autres quartiers est possible. Les conséquences de la sur traite lors de déséquilibres sont un plus fort impact du vide de traite sur la mamelle créant ainsi des lésions dans le canal du trayon qui favorisent le développement de pathogènes et donc l'apparition de mammites (**Odorčić et al. 2019**).

La figure suivante est une grille de pointage présentant les différents points zootechniques présentant un intérêt économique et sanitaire sur la mamelle de la vache. Ces critères sont indexés génétiquement et permettent aux éleveurs d'améliorer le potentiel génétique de leur troupeau pour produire en plus grande quantité et avec la meilleure qualité sanitaire possible.

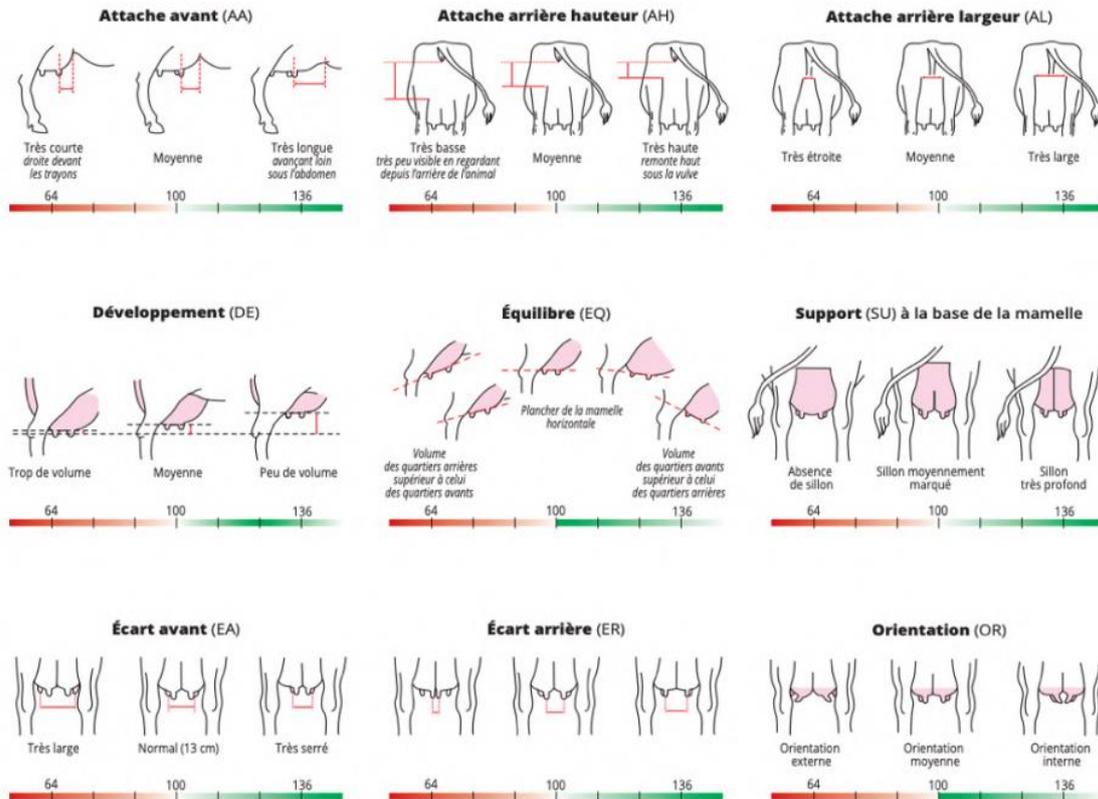


Figure11: Conformation externe et objectifs zootechniques d'une mamelle de vache (Catalogue Montbéliarde JB 2022).

III-B-Importance de la forme des trayons pour la traite :

La forme et la longueur des trayons sont des critères zootechniques importants pour la traite et la production laitière. En effet, le diamètre des trayons peut s'avérer trop important et dans ce cas, le manchon peut entraîner une striction du trayon au moment de la traite et ainsi ralentir l'écoulement du lait et générer de la douleur chez l'animal, ce qui conduit à de la sous-traite. Un diamètre trop important de trayon est ainsi un facteur de risque significatif de mammite, par le risque de sous-traite qu'il engendre (**Slettbakk et al. 1995**). De la même manière, un manchon trayeur peut avoir du mal à tenir sur un trayon trop court, ce qui peut entraîner une mauvaise traite et possiblement des complications sanitaires, si le faisceau trayeur tombe sur le quai sale ou dans la paille. Au contraire, un trayon trop long, présente un risque accru de contamination du fait de sa plus grande proximité avec le sol (**Bakken 1981**).

**CHAPITRE II : Les mammites
subcliniques des bovins.**

CHAPITRE II: Les mammites subcliniques des bovins.

- Les mammites subcliniques qu'est-ce-que c'est ?

I-A-Définition :

La mammite sub-clinique est une évolution de la mammite latente, mais elle peut aussi correspondre à des mammites cliniques traitées mais dont le traitement n'a pas réussi à éliminer complètement l'agent pathogène. La vache n'exprime toujours pas de signes cliniques mais une diminution de la production de lait simultanément avec une variation de la composition du lait dans le quartier affecté, ainsi qu'une augmentation de leur nombre de cellules avec une prédominance de leucocytes et principalement des neutrophiles. Le nombre de cellules dans le lait est supérieur à 300 000 cellules/ml contre moins de 150 000 cellules/ml chez une primipare saine moins de 200 000 cellules/ml dans une multipare saine. Les variations ne sont que microscopiques et la mammite reste asymptomatique. (**Institut d'élevage ; 2008 ; Remy; 2010**).

I-B-1-Détection et diagnostique :

On estime que 15 à 40 mammites subcliniques peuvent être rencontrées pour une mammite clinique détectée, d'où l'importance de la détection de ces mammites (**Boehringer 2022**). En l'absence de signes cliniques décelables, la détection des mammites subcliniques passe par une analyse du lait. En effet en cas de mammite, on retrouve des modifications à différents niveaux dans le lait.

I-B-1-1-Niveau cytologique :

En cas de mammite subclinique, on observe une augmentation du comptage cellulaire individuel de l'animal et également du lait provenant du quartier atteint. Cette augmentation est facilement décelable par un comptage de cellules somatiques individuel. Des seuils ont été définis pour caractériser les vaches saines. Une vache est saine si son CCI est inférieur à 200 000 cellules/ml (**Serieys, ITEB Institut Technique de l'Élevage Bovin, RNED 1989**) si c'est une multipare ou si son CCI est inférieur à 150 000 cellules/ml si c'est une primipare. En pratique et dans la plupart des audits, la distinction vache saine/vache infectée se fait entre 250 000 et 350 000 cellules/ml selon la prévalence des mammites subcliniques dans l'élevage (**Durel, Guyot, Théron 2011**).

I-B-1-2- Niveau bactériologique :

On peut retrouver sur et dans le pis de la vache un grand nombre de micro-organismes. **Watts (1988)**, a identifié 137 espèces et sous-espèces de microbes qui peuvent être associés à la glande mammaire de la vache. Plusieurs d'entre eux font partie de la flore bactérienne normale et ne causent pas, sauf exception, de mammites. Ils peuvent même au contraire protéger le pis des infections de bactéries pathogènes. Plusieurs autres micro-organismes peuvent par contre provoquer l'infection des glandes mammaires. Les plus fréquemment rencontrés, ceux qui causent environ 90 % des mammites, sont d'une part les micro-organismes contagieux, qui survivent et prolifèrent sur la peau et les blessures des trayons (il s'agit de *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus dysgalactiae*) et d'autre part, les micro-organismes environnementaux (*Escherichia coli* et autres coliformes, *Streptococcus uberis*) qui ne sont pas de passage sur le trayon. Et dont la présence reflète plutôt un haut niveau de contamination du sol, de la litière, de l'eau, par du fumier surtout.

I-B-1-3- Niveau chimique:

En cas de mammite, on observe une diminution des éléments synthétisés dans le lait tels que le lactose, les protéines, la caséine ou encore la matière grasse. A l'opposé, l'inflammation va augmenter la perméabilité des capillaires sanguins et entraîne la disparition des jonctions serrées entre les lactocytes (**Chamings, Murray, Booth 1984**). En cas de mammite, des ions Na⁺ et Cl⁻ sont donc relargués en quantité importante dans les acini et pour maintenir l'équilibre ionique, les concentrations en ions K⁺ et en lactose diminuant (**Billon et al. 2001**). Les ions étant des particules chargées électriquement, ces modifications de concentrations ioniques lors de mammites conduisent à des modifications de charges et donc à une modification globale de la conductivité électrique du lait. Les écarts de conductivité électrique avant la contamination et après la contamination sont de l'ordre de 50% pour les mammites cliniques et de plus de 20% pour les mammites subcliniques (**Durel et al. 2003**).

I-B-2-Comparaison des méthodes de diagnostic:**I-B-2-a- Le TCT ou Taux Cellulaire du Tank:**

Le Taux Cellulaire du Tank donne une idée de la situation sanitaire du troupeau laitier. Il correspond en quelque sorte à une moyenne des Concentrations Cellulaires Somatiques Individuelles (CCSI) des vaches du troupeau. Il se détermine à partir d'un échantillon de lait prélevé directement à la sortie du tank, et est réalisé légalement au minimum d'une fois par mois; une détermination hebdomadaire (étant préférable) est souvent privilégiée par les laiteries. Seuls des laboratoires reconnus par le préfet régional et contrôlés par le Laboratoire National de Référence, sont habilités à fournir ces résultats (**Noireterre, 2006**). L'analyse des cellules somatiques donne à l'éleveur une idée du nombre de quartiers infectés dans son troupeau. Ainsi, au seuil de 200 000 cellules/ml de lait on considère que 3 à 7% des quartiers sont infectés ; à 400 000 cellules/ml, 8 à 12%, et au delà de 800 000 cellules/ml, 20 à 25%. Suite à ces résultats, l'éleveur peut décider d'une recherche plus approfondie par l'intermédiaire des CCSI (Concentrations Cellulaires Somatiques Individuelles), qui lui permettront de repérer les vaches en situation de mammites subcliniques et d'envisager des mesures correctives (**Noireterre, 2006 ; Remy, 2010**).

I-B-2-b- Le CCSI ou Comptage Cellulaire Somatique Individuelle:

Le Comptage Cellulaire Somatique Individuelle correspond à la moyenne des taux cellulaires des quatre quartiers d'une vache. Contrairement aux TCT qui sont obligatoires, les CCSI sont uniquement fournis aux adhérents au contrôle laitier, à raison d'une fois par mois, à partir d'un échantillon de lait. Les laboratoires reconnus procèdent à l'analyse par Fossomatic®, une technique de cytométrie en flux. Un agent intercalant, le bromure d'éthidium, est ajouté à l'échantillon de lait qui est ensuite soumis à une longueur d'onde comprise entre 450 et 530 nm. Les noyaux des cellules du lait deviennent alors fluorescents, ce qui permet leur comptage. Ce procédé automatisé permet l'analyse de 500 échantillons/heure, et est très proche de celui utilisé pour la mesure des TCT. Avec l'apparition des robots de traite, des logiciels spécialisés ont vu le jour. Le One line Cell Counter de Delaval® permet ainsi une mesure automatique des CCSI pour chaque vache, et ce directement chez l'éleveur (**Noireterre, 2006 ; Pezon & Gremy, 2015**). Il est important de souligner qu'un résultat unique n'a pas de valeur puisque seul l'ensemble des résultats d'une année permet de tirer

des conclusions. Ainsi, une vache est considérée comme « saine » lorsque l'ensemble de ses CCSI est inférieur à 300 000 cellules/ml. A l'inverse, il suffit de deux résultats annuels supérieurs à 800 000 cellules/ml pour considérer la vache comme « infectée chronique ».

Les vaches présentant au moins une fois dans l'année un CCSI supérieur à 300 000cellules/ml sont quant à elles considérées comme « douteuses » (**Institut de l'élevage, 2008**).

I- B-2-c- le CMT (California Mastitis Test):

Encore appelé Test au Teepol .La réalisation de ce test est très simple. Il faut d'abord éliminer les premiers jets, ensuite on mélange, à parts égales, dans une coupelle prévue à cet effet du lait et un détergent. Au contact du détergent, les cellules sont lysées, l'ADN cellulaire est libéré. Plus le nombre de cellules est important, plus la viscosité du mélange augmente. Le degré de gélification ainsi obtenu sert à détecter les quartiers atteints d'infection subclinique. Il est recommandé de faire ce test après un résultat de comptage cellulaire afin de déterminer le ou les quartiers responsables mais aussi avant le tarissement pour s'assurer qu'il n'y a pas d'infection dans les quartiers. (**Jean Pierre MASSOZ 13/05/2020**).

I-B-2-d- La conductivité électrique du lait(CE):

Ce test repose sur les variations de conductivité du lait lors d'infections mammaires. En effet, dans ces cas-là, les concentrations en ions Na⁺ et Cl⁻ du lait augmentent, et les concentrations en lactose et K⁺ diminuent, ce qui créent des variations de conductivité qui peuvent aller jusqu'à 50% pour les mammites cliniques et 20% pour les mammites subcliniques. Cependant, les valeurs de conductivité varient aussi au cours de la traite, en fonction de la race, du stade physiologique de la vache ou encore de son alimentation. Il faut donc être prudent lors de l'interprétation de ces variations de conductivité (**LABBE JF2019**). Ce test permet de détecter de manière très précoce des mammites cliniques comme subcliniques, parfois avant les premiers symptômes. Il se réalise à la ferme grâce à un suivi de la conductivité du lait au cours de la traite.

II-Origines:**II-A- Les staphylocoques :****II-A-1- Staphylococcus aureus :**

S. aureus est un agent courant des mammites, qui peut donc se retrouver dans le lait des vaches atteintes. Un élément rassurant cependant, seuls 10% des staphylocoques dorés impliqués dans les infections de la mamelle sont toxiques pour l'homme. Mais *S. aureus* est aussi régulièrement retrouvé sur la peau des trayons et les mains des éleveurs, pouvant ainsi entraîner une contamination du lait pendant ou juste après la traite ; c'est donc également un « pathogène du lait » (**Institut de l'élevage, 2008**).

Certains profils de *S. aureus* semblent présenter des caractéristiques plus adaptées à l'invasion et à la survie dans des niches intracellulaires. De nouvelles études mériteraient d'être conduites, en travaillant sur des souches isolées sur des cas de mammites chroniques. (**Bardiau.M et al 2014**).

Le niveau de résistance aux antibiotiques était plutôt faible parmi les souches de *S. aureus* et de SCN isolées lors de mammites bovines – à l'exception de la pénicilline G et de l'ampicilline (**Shimdt.T et al 2015**).

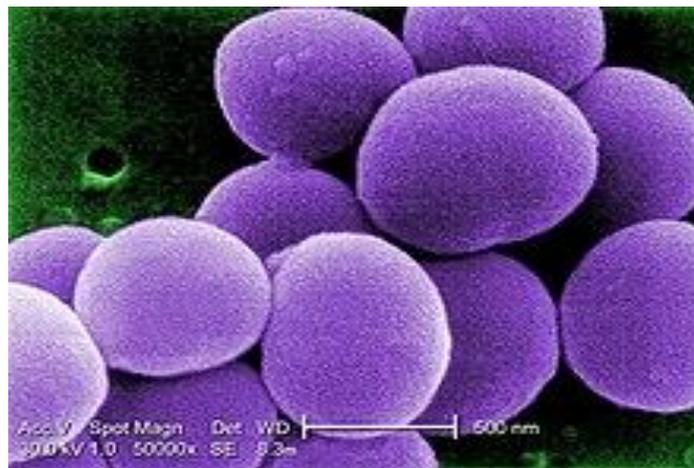


Figure 12: photo microscopique de *Staphylococcus aureus*. (**wikipedia.07/03/2024**)

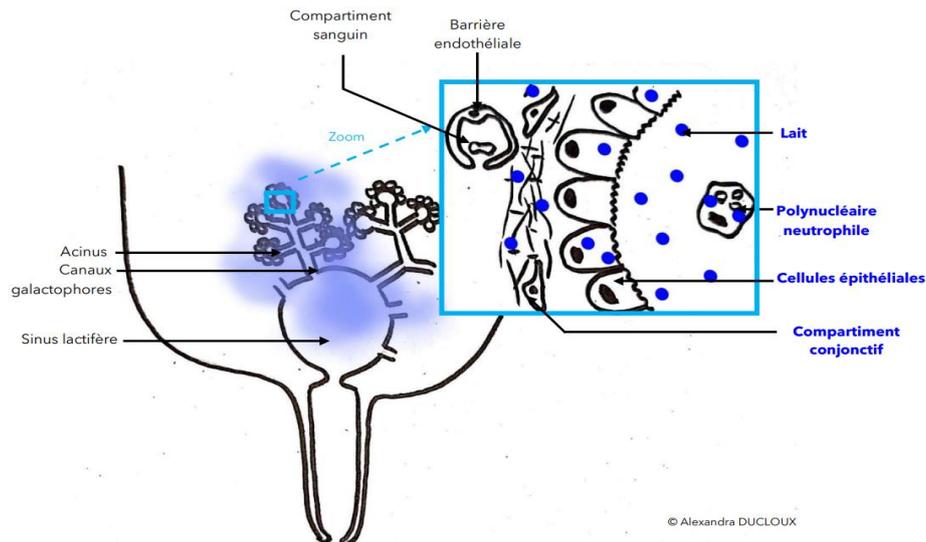


Figure13: Localisation de *S. aureus* dans la mamelle. (D'après Bosquet et al. 2013)

II-A-2-Staphylocoque à coagulase négative:

Les mammites subcliniques dues à des staphylocoques coagulase négative sont responsables d'une élévation des concentrations en cellules somatiques mais n'affectent ni la production ni la composition du lait (Tomazi.T et al 2014).

S.chromogenes, *S.sciuri* et *S.cohnii* étaient les espèces de SCN les plus fréquentes. Seul *S.chromogenes* a été isolé dans tous les élevages. Pour ce germe, un réservoir mammaire semble se dégager, tandis qu'un réservoir environnemental semble être probable pour les autres espèces. L'état des trayons était un des facteurs de risque majeurs de la survenue d'infections mammaires. Les quartiers infectés au vêlage par *S.chromogenes*, *S.sciuri* ou *S.cohnii* se caractérisaient par des CCS significativement plus élevées que les quartiers sains. Ces résultats sont conformes aux nombreuses études déjà menées sur l'effet des SCN sur la santé mammaire. (Vissecher.A et al 2015).

II-B-Les streptocoques:

II-B-1-*Streptococcus uberis*:

Streptococcus uberis (*S.uberis*) est le pathogène d'origine environnementale le plus fréquemment rencontré et le plus difficile à contrôler en élevage laitier. Cette bactérie se propage à la fois entre vaches (nature contagieuse) et dans leur environnement : elle entraîne des cas cliniques de mammites, aiguës ou chroniques, modérées à sévères.

Les souches de *S. uberis* étaient identifiées en bactériologie, confirmées par PCR et soumises à l'électrophorèse en champ pulsé (PFGE) pour comparer les souches issues de lait de mammites et celles provenant de l'environnement de l'élevage (Wente.N et al 2019).

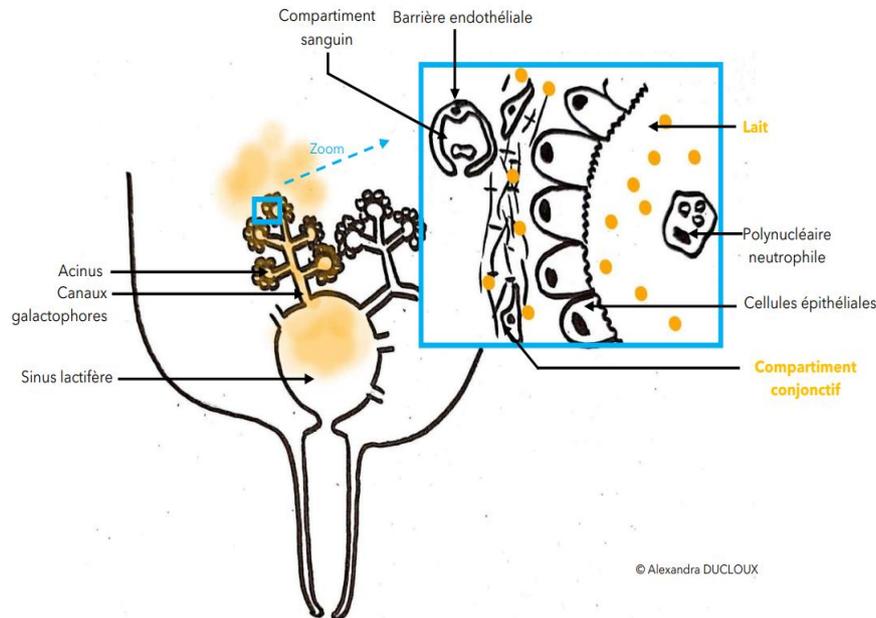


Figure 14: Localisation de *S.uberis* dans la mamelle. (D'après Bosquet et al. 2013 Dessin de DUCLOUX Alexandra 2023).

II-B-2-*stertococcus dysgalactiae*:

Bactérie que l'on retrouve principalement sur la peau des trayons, *S.dysgalactiae* se développe à la faveur de traumatismes sur les trayons ou lors de léchage/tétée entre animaux puisqu'on la retrouve aussi dans les amygdales. Il s'agit donc d'un agent pathogène pouvant contaminer les génisses ou les vaches tarées (Blowey, Edmondson 2010). *S.dysgalactiae* est un pathogène majeur à l'origine de deux à trois pourcents des mammites subcliniques (Poutrel 2015).

II-B-3-*stertococcus agalactiae*:

Il s'agit d'un pathogène majeur essentiellement localisé dans la mamelle. La sous-traitte et les lésions sur les trayons sont les principaux facteurs favorisant son développement. *S. agalactiae* peut également persister sur les mains du trayeur et ainsi être transmises de vache en vache lors de la traite. L'hygiène de traite est donc le principal moyen de lutte contre ce pathogène. La présence de ces bactéries au sein d'un élevage avec des taux

cellulaires élevés est révélatrice d'un défaut d'hygiène de base dans la procédure de traite. Cependant, l'amélioration importante de l'hygiène de traite depuis plusieurs décennies a permis de diminuer fortement l'implication de *S. agalactiae* lors de mammites, implication qui se limite actuellement à moins de un pourcent des mammites subcliniques d'après Poutrel (Poutrel 2015). Cela s'explique notamment par le fait que ces bactéries sont très sensibles aux traitements antiseptiques et antibiotiques (Blowey, Edmondson 2010).

II-C-Les Corynebacterium:

II-C- 1-Corynebacterium bovis:

Il s'agit d'un germe de traite très contagieux, pathogène mineur, dont les sources sont les quartiers contaminés qui contaminent alors les quartiers voisins. Cette bactérie reste très sensible aux produits antiseptiques utilisés en pré et/ou post-trempeage (Poutrel 2015).

La majorité des *Corynebacterium* isolés sont *C.bovis*. Ce dernier est à l'origine uniquement d'une augmentation des CCS et d'une baisse du lactose et des composants du lait hors matière grasse. Les autres espèces de *Corynebacterium* sont sans effet sur la production et la composition du lait, en comparaison au quartier controlatéral. (Gonçalves J.L et al 2016).

II-D-Les Pseudomonas:

II-D-1-Pseudomonas aeruginosa:

Les infections mammaires à *Pseudomonas aeruginosa* chez les ruminants pourraient être plus fréquentes que supposé. Bien que cette bactérie puisse être très virulente, les mammites cliniques à *Pseudomonas aeruginosa* chez les ruminants semblent rares, et les facteurs qui permettent leur déclenchement sont inconnus. Il s'agit, le plus souvent, de mammites aiguës ou sur aiguës sur venant au moment du vêlage .Le diagnostic clinique n'est pas possible, et seul l'examen bactériologique du lait permet d'établir un diagnostic de certitude. Il devrait donc être mis en œuvre lors de tout cas suspect (mammitte gangréneuse au moment du vêlage en particulier).Le traitement même avec des molécules réputées actives, aboutit le plus souvent à un échec. D'après nos observations, le traitement du choc (fluidothérapie) semble être essentiel pour la sur vie de l'animal. *Pseudomonas aeruginosa*

peut également être responsable de mammites subcliniques Persistantes qui pourraient expliquer des comptages cellulaires augmentés dans les élevages atteints.

Ces mammites subcliniques étant difficiles à traiter, la réforme des animaux, en cas d'échec du traitement, peut être une des mesures de contrôle à mettre en œuvre. Seules des mesures hygiéniques semblent réellement efficaces pour lutter contre *Pseudomonas aeruginosa*. Déterminer de la source des bactéries (eau essentiellement) et son élimination représentent la principale mesure de prévention. **(Pierre Bruyère et al 2014)**.

II-E-Les entérobactéries:

II-E-1-Escherichia coli :

E. coli, également appelé colibacille appartient à la famille des Entérobactéries. C'est un bacille Gram-négatif mobile grâce à une ciliature péritriche, vivant isolé ou groupé par paire Sa capsule polysaccharidique rend la phagocytose plus difficile et inhibe l'action du complément. Certaines souches sont par ailleurs sécrétrices de toxines, renforçant ainsi le pouvoir pathogène du colibacille. La présence d'adhésines, nommées fimbriae, permet à *E. coli* d'adhérer aux cellules épithéliales et de résider ainsi dans la lumière des canaux lactifères. La multiplication de cette bactérie est extrêmement rapide bien qu'elle soit en partie éliminée pendant la traite ; ainsi en 8h une bactérie en produit 16 millions. *E. coli* présente un caractère polyclonal net (un grand nombre de souches d'*E. coli* est retrouvé dans le troupeau). C'est une bactérie peu contagieuse, parfois non retrouvée sur les analyses bactériologiques car elle est excrétée en petite quantité et par intermittence **(Remy, 2010)**. *E. coli* occasionne des mammites cliniques ; si le traitement antibiotique réalisé pour traiter ces dernières ne permet pas d'éliminer totalement le pathogène, la mammite deviendra subcliniques, comme nous l'étudions ici.

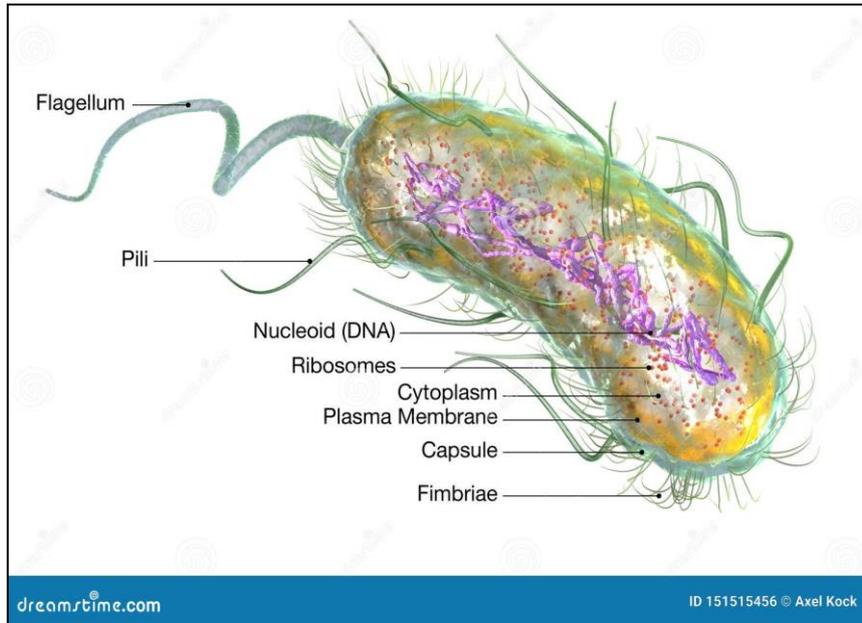


Figure15 : Image en 3 dimensions d'*Escherichia coli*. (ID 151515456©).

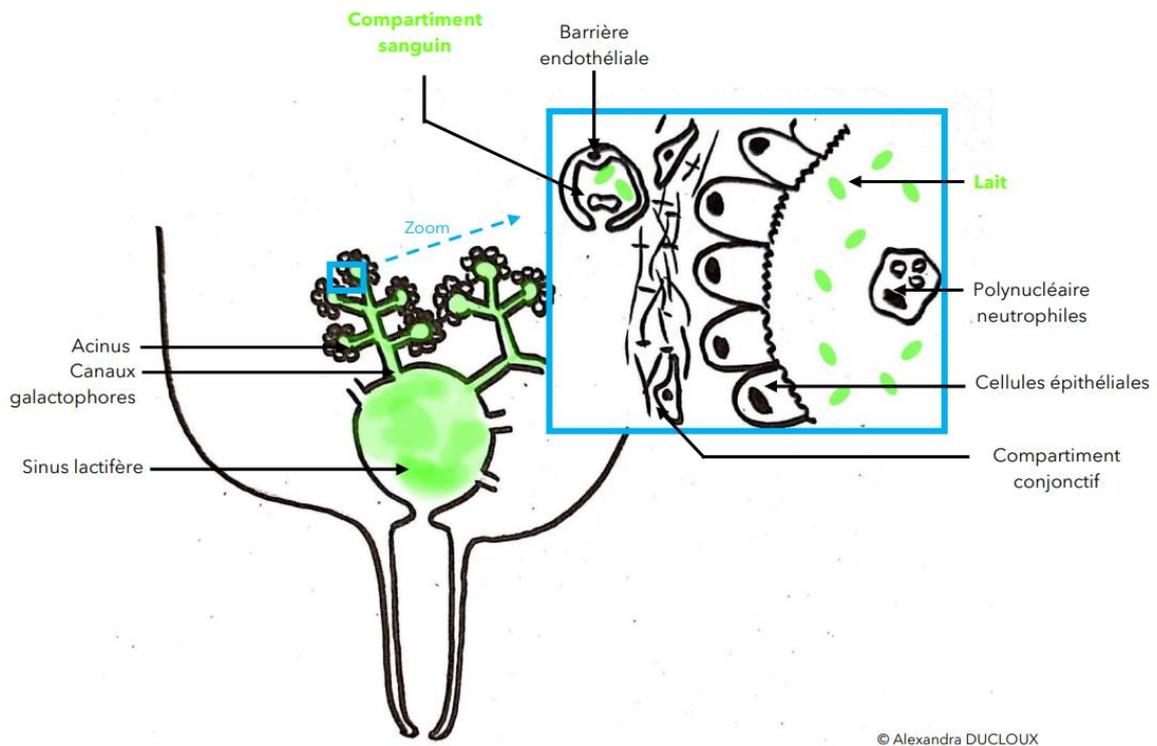


Figure16 : Localisation d'*E. Coli* dans la mamelle. (D'après Bosquet et al. 2013 Dessin de DUCLOUX Alexandra 2023).

Tableau 01: Epidémiologie des germes responsables de mammite. (BOUAZIZ O, 2020 2021)

Micro-organismes	Période d'infection		Expression clinique	
	Lactation	Tarissement	Subclinique	Clinique
<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	+	+++	+
<i>Streptococcus agalactiae</i>	+++	+	+++	+++
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	++	++	+++	+
<i>Streptococcus uberis</i>	++	+++	++	+++
<i>Escherichia coli</i>	+++	++	+	+++
<i>Pseudomonas</i>	++	+	+++	+

+++ : Importante, ++ : Moyenne, + : Faible.

III -Traitement et prévention:

III-A-Traitement:

Une mammite latente non diagnostiquée ou non traitée peut évoluer vers une mammite clinique, qui se manifeste extérieurement par des changements au niveau de la mamelle, de la sécrétion de lait et de la détérioration générale de l'état corporel de l'animal. Le vétérinaire prescrira un traitement en fonction de la gravité de la maladie et de l'agent responsable. Il est donc très important de diagnostiquer la maladie le plus tôt possible, car cela déterminera la nature du traitement. L'efficacité du traitement pendant la période de sevrage est plusieurs fois supérieure à celle du traitement pendant la lactation. Il est efficace de traiter tous les quartiers de la mamelle avec des médicaments à action prolongée spécialement préparés pour le traitement des vaches tarées. (BROLIS HERDLINE 2022)

Le traitement antibiotique intra mammaire d'une mammite subclinique conduit souvent à la guérison cellulaire et bactériologique, mais la précocité de cette intervention améliore ces résultats particulièrement lors d'infection à *S. aureus*. (Swinkels J.M. et al, 2015)

III-A-1-Traitement hors la lactation:

Le traitement des mammites subcliniques s'effectue classiquement au tarissement car les chances de succès sont meilleures. Le cas échéant, si le taux cellulaire individuel de la vache est très haut, mais que le taux du tank est dans les normes, l'éleveur peut tout de même mettre le lait au tank. Il faut veiller à traire la/les vaches douteuses ou infectées en fin de traite pour éviter les contaminations via la machine à traire au sein du troupeau. Dans le cas où quelques vaches sont infectées, que les taux cellulaires du tank sont limités pour la livraison à la laiterie, mais que l'éleveur peut se passer de ce lait pour rentrer dans ses frais, alors on peut seulement écarter le lait à cellules lors de la traite et patienter jusqu'au tarissement pour réaliser le traitement si cela en vaut la peine. En effet, le bouchon de kératine ne se forme pas immédiatement lors du tarissement, et il est important d'obturer l'entrée du trayon pour éviter les contaminations le temps que le bouchon se forme. (REMY 2010).

III-A-1- a-Traitement systématique:

« Blanket dry cow treatment » Le traitement systématique au tarissement a été adopté dans les années 1960, comme pierre angulaire du plan des cinq points. Depuis lors, on a pu observer une chute drastique de la prévalence et de l'incidence des infections intramammaires avec un effet positif sur la qualité du lait, le niveau de production laitier et la santé générale des vaches (Bradley and Green, 2004). Le traitement consiste en l'administration systématique, donc tous les quartiers de toutes les vaches d'un antibiotique intramammaire à longue durée d'action. En anglais on parle de « blanket dry cow treatment ». Il poursuit un double objectif (Halasa et al. 2009) : Premièrement, la guérison des infections intramammaires survenues au cours de la lactation et persistantes jusqu'au tarissement : L'utilisation d'une antibiothérapie systématique a été préconisée comme moyen d'améliorer le taux de guérison des quartiers infectés : Le taux de guérison bactériologique (disparition de l'agent pathogène en cause) après un traitement antibiotique est environ de 78%. A l'opposé du taux de guérison spontanée, par l'action du système immunitaire qui est environ de 46%. Les pourcentages restants persistent sous forme subclinique, on parle alors d'un échec thérapeutique. Deuxièmement, la prévention de nouvelles infections intramammaires qui surviennent durant la période sèche:

L'antibiothérapie permet une protection significative contre les nouvelles infections à *Streptococcus* spp. Un effet contre *Staphylococcus aureus* n'a pas clairement pu être établi et est définitivement absent contre les coliformes, gram(-). L'absence de protection contre les infections à gram- peut s'expliquer par le fait qu'elles apparaissent tardivement dans la période sèche. Lorsque l'antibiotique employé manque de persistance, la concentration au niveau du site d'infection diminue à l'approche du vêlage. De plus, le spectre d'activité de la plupart des antibiotiques utilisés au tarissement se dirigent essentiellement contre les gram+ et ne confèrent aucune protection contre les gram- (**Halasa et al, 2009**). Dans les pays européens plus de 60% des produits antibiotiques pour bovins laitiers sont utilisés dans un contexte de la santé mammaire. Environ la moitié de ces antibiotiques sont utilisés pour un traitement systématique au tarissement sous forme de tubes intramammaires (**Stevens et al, 2016**).

L'administration systématique d'antibiotique constitue un risque majeur de développement de résistances aux antibiotiques, c'est un sujet de préoccupation mondiale en matière de santé animale et santé publique (**RUMA Alliance, April 2015**). Il convient donc d'envisager des stratégies pour limiter l'utilisation non nécessaire ou abusive des antibiotiques.

III-A-1- b-Aucun traitement au tarissement:

C'était la méthode principalement appliquée jusqu'au début des années 2000 dans certains pays scandinaves comme la Norvège.

Cette méthode consiste, comme son nom l'indique, à ne pas donner de traitement antibiotique intra-mammaire aux vaches au moment du tarissement. Elle est à l'échelle mondiale assez peu utilisée. En effet, pratiquer ce protocole suppose d'avoir au préalable une santé mammaire suffisamment bonne pour que l'absence totale de traitement n'ait pas d'impact négatif dessus. Ce n'est donc pas réalisable dans une grande majorité des élevages, où cette pratique entraînerait une dégradation de la santé mammaire. L'avantage de cette méthode est qu'elle se passe d'antibiotiques au tarissement, on a donc une réduction de 100%. Mais pour la plupart des élevages, cela entraîne une dégradation de la santé mammaire. En effet, l'absence totale de traitement au tarissement donne un risque deux fois plus élevé de nouvelles infections intra-mammaires pendant le tarissement que le

traitement sélectif. De plus, les infections présentes au moment du tarissement ont 76% de chances en plus de se traiter avec le traitement sélectif (**Halasa et al. 2009**).

En l'absence de traitement, on se repose seulement sur la guérison spontanée. On n'observe pas de tendance à la baisse des cas de mammites cliniques dans les élevages ne pratiquant quasiment pas de traitement au tarissement alors qu'on a une baisse significative dans ceux où il y a mise en place d'un protocole de traitement sélectif (15% en deux ans) (**Whist et al. 2006**). Pour beaucoup d'élevages, il semble donc impossible de n'administrer aucun traitement au tarissement sans dégrader la santé mammaire ainsi que la quantité et la qualité du lait. Cette méthode paraît applicable seulement dans certaines conditions très précises, et en acceptant probablement une légère détérioration de certains critères de qualité du lait. L'application du traitement sélectif pourrait même apporter un bénéfice dans des pays où l'absence de traitement était jusqu'alors majoritaire (**Whist et al. 2006**).

III-A-1-c- Le tarissement sélectif:

Le traitement sélectif au tarissement est une solution déjà adoptée dans de nombreux pays européens. Il permet de garantir le maintien de la santé mammaire dans les élevages laitiers de bon niveau sanitaire. L'instauration d'un traitement sélectif apparaît alors comme une option séduisante, dans le cadre d'une volonté de réduction de l'usage des antibiotiques et de lutte contre l'antibiorésistance. Il consiste à ne traiter que les vaches susceptibles d'être infectées au moment du tarissement ou risquant de s'infecter pendant cette période. Avec l'amélioration de la santé mammaire globale, un nombre élevé de vaches sont aujourd'hui traitées avec des antibiotiques de manière uniquement préventive, sans nécessité avérée. Dans chaque élevage, une évaluation de la santé mammaire globale permet de déterminer les facteurs de risque d'apparition de nouvelles infections au tarissement. Plusieurs protocoles de traitement sélectif au tarissement existent, fondés généralement sur différents critères de sélection individuels. Il peut également être nécessaire, selon les cas, de mettre en place des mesures au niveau de l'élevage avant tout tarissement sélectif. La situation doit être étudiée au sein de chaque exploitation. Une incidence de mammites élevée doit conduire à la mise en place de mesures d'hygiène et de conduite d'élevage, avant d'envisager un tarissement sélectif. (**Pierre Bruyère et al le 01/07/2021**).

Tableau 02: Préconisations de traitement au tarissement prenant en compte les différents facteurs de risque. CCI : Comptage Cellulaire Individuel, AB : Antibiotique intra-mammaire (d'après Buttin 2020).

	Risque à l'échelle de la vache		Risque à l'échelle du troupeau	
	Mammite clinique lors du dernier trimestre	Au moins 2 facteurs de risque	Pas de risque	Au moins un risque
Saine (dernier CCI < 100 000 cellules/mL)	Oui		AB	AB + Obturateur
	Non	Oui	Obturateur	Obturateur
		Non	Rien (ou obturateur)	Obturateur
Infectée (dernier CCI > 100 000 cellules/mL)		Non	AB	AB + Obturateur
		Oui	AB + Obturateur	

III-A-2-Traitement en lactation:

Le traitement en lactation a longtemps été jugé inutile car il n'était pas rentable économiquement. Néanmoins, les normes règlementaires en termes de taux cellulaires de tank étant plus drastiques, il est intéressant de reconsidérer cette stratégie. En effet, traiter en lactation permet de diminuer la pression d'infection au sein du troupeau. Si les taux cellulaires de tank sont limités et que l'animal a un bon pronostic de guérison avec un traitement en lactation (jeune vache, 1 seul quartier atteint, infection récente), on peut entreprendre un traitement en lactation. (REMY 2010). Par ailleurs, le germe identifié peut être un critère de décision supplémentaire. Il peut être préférable d'opter pour l'une ou l'autre stratégie selon les cas. Par exemple, un SCN a un très bon taux de guérison en cas de traitement au tarissement alors qu'il n'est que de 50% sous UBROLEXIN® (céfalexine-kanamycine) et de 26% sous PATHOZONE® (céfopérazone) selon POUTREL (2010), qui sont deux traitements en lactation.

D'ailleurs, les Critères d'exclusion du traitement en lactation préconisés par la SNGTV selon Federici-Mathieu en (2014) sont :

- Vaches dont la palpation du quartier révèle une ou plusieurs indurations

- Animaux à infection ancienne : par exemple, plus de 3 CCI >250 000 cellules/ml dans la lactation en cours, ou premier CCI après vêlage >250 000 et plus de trois CCI de la lactation précédente >250 000. A fortiori, exclure les vaches ayant présenté plusieurs CCI >800 000 cellules/ml
- Vaches à parité supérieure à trois (ou quatre si troisième lactation avec tous les CCI <250 000 cellules/ml)
- Vaches à plus de deux quartiers infectés
- Vaches à lésions de trayons (plaies du sphincter, ulcères,...)

III-A-3-sécher la lactation du quartier infecté:

Cette solution est très douloureuse pour l'animal car elle passe par l'utilisation d'antiseptiques iodés ou de chlorhexidine par voie locale qui entraînent la destruction du tissu glandulaire (**Masset 2015**). Elle permet toutefois de conserver la lactation sur les autres quartiers et peut donc être intéressante sur les vaches hautes productrices. Une étude montre qu'une partie de la production est compensée par les trois autres quartiers lors de l'arrêt de traite d'un quartier. En effet, une hausse de production de quatre pourcents par quartier est observée lors de l'arrêt de traite du quatrième quartier (**Hamann, Reichmuth 1990**). Alors que la prise en compte du bien-être animal et la gestion de la douleur sont de plus en plus présentes dans le monde vétérinaire notamment à la demande des consommateurs, une seule étude fait mention d'une injection de flunixin meglumine 10 à 15 minutes avant l'injection d'antiseptiques dans le quartier pour limiter l'inflammation des tissus glandulaires par la suite (**Middleton, Fox 2001**). Toutefois, aucune étude ce jour n'a été réalisée pour évaluer la douleur de l'animal lors de ce traitement.

III-B-Prévention des mammites sub-cliniques:

La lutte contre les mammites subcliniques passe avant tout par la mise en place de mesures de prévention efficaces. La biosécurité, est ainsi définie par N. Vallarino comme étant « l'ensemble des pratiques ayant pour but de limiter la pression infectieuse dans un élevage », ou encore comme étant « l'ensemble des mesures destinées à protéger les animaux des contaminations par les agents pathogènes », comme l'énonce P. Le Cann (**Vallarino, 2013 ; Le Cann, 2014**). On distingue deux types de biosécurité : la biosécurité externe qui consiste à

limiter au maximum l'entrée de nouveaux pathogènes dans l'élevage, et la biosécurité interne qui prévoit de limiter la diffusion des pathogènes déjà présents dans l'exploitation (Vallarino,2013).

III-B-1-Prévention médicale:

III-B-1- a-La prévention lors de tarissement:

La nature médicale des mesures de lutte a comme but l'amélioration des moyens de défenses des animaux pour lutter contre l'infection.

Obturbateur interne (OrbeSeal®) : Il s'agit d'une pâte à base de substances inertes (paraffine et subnitrate de bismuth), sans antibiotique qui est administrée dans le canal et le sinus du trayon. Il reste en place durant toute la période sèche et est éliminé lors de l'éjection des premiers jets de lait. Cette procédure est surtout recommandée pour les vaches à haute production laitière, qui présentent un défaut dans la sécrétion de kératine (Crispie et al. 2004). Il peut être utilisé seul ou en combinaison avec une substance antibiotique. La plupart des substances antibiotiques administrées ne persistent pas jusqu'à la fin de la période de tarissement. Le relais est donc pris par l'action d'un obturbateur qui permet la formation d'une barrière physique s'opposant à l'entrée de tout agent pathogène.



Figure17: Apparence d'un obturbateur interne dans le canal du trayon et la citerne de la mamelle sur une image radiographique. (Crispie et al, 2004).

III-B-1-b-La prévention vaccinale:

La vaccination vise l'ensemble des vaches et génisses saines d'un troupeau. Elle a comme but de stimuler l'immunité adaptative vis-à-vis de certains germes pour améliorer l'efficacité de la réaction de défense. Ceci est surtout intéressant dans les troupeaux présentant des problèmes récurrents de mammites causées par *Staphylococcus aureus*, les coliformes et les *Streptococcus uberis*. Cliniquement on peut observer une moindre chute de la production laitière, une 39 diminution de la sévérité des signes cliniques, une moindre hausse du taux cellulaire somatique et une réduction des traitements nécessaires pour la gestion des mammites. Par contre il n'y a pas de différence significative pour le taux de guérison ou de l'incidence de nouvelles infections intramammaires (**Wilson et al. 2007**) ; A l'heure actuelle, il y a deux vaccins disponibles sur le marché belge :

- UBAC® : valence contre *Streptococcus uberis*.
- STARTVAC® : valence contre *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

III-B-2-Prévention zootechnique:

Nous avons constaté que les éleveurs lavent la trayeuse après chaque traite, Aussi l'absence de surveillance de la machine et le manque de désinfection, mauvais état de la trayeuse, dû aux trous provoqués par l'air lors de la traite, ce qui entraîne le reflux du lait vers les tétines sous le nom de phénomène d'impact et c'est l'un des facteurs qui causent la transmission de l'infection, ou dans le cas de la traite manuelle, l'éleveur ne se lave pas les mains entre la traite de chaque vache. Les auteurs mentionnent également dans leur étude (**Mancer Fella et Selg Fayz ; 2020-2021**) 13,86 % chez ceux qui pratiquent la désinfection et 87,23 % chez ceux qui ne le font pas, ce qui signifie que la désinfection et le nettoyage du pis contribuent à réduire l'incidence des mammites sub-cliniques.

III-B-2-a-La machine à traire:

L'optimisation de la production laitière par les machines à traire entraîne des lésions sur les trayons. Les machines à traire sont réglées par défaut sur un seuil bas, entraînant un décrochage tardif. Cependant, de tels réglages génèrent un impact important et négatif sur le trayon (**Odorčić et al. 2019**). Un temps de traite trop long peut révéler une mauvaise préparation de la mamelle, un mauvais réglage de la machine ou simplement une surtraite

des vaches (**Hanzen 2015**).

La dépose automatique des manchons est peu contrôlée lors des contrôles annuels des machines à traire. Or, une dépose trop tardive entraîne des lésions du trayon dues au vide important en fin de traite et à une surtraite délétère (**Odorčić et al. 2019**). Dans l'idéal, les vaches saines doivent passer avant les vaches mammiteuses afin de respecter la marche en avant (**Shaheen et al. 2016**). Cette mesure est cependant difficilement réalisable en pratique, l'entrée des vaches en salle de traite se faisant de façon aléatoire le plus souvent. Les mains du trayeur sont celles qui manipulent les trayons. Elles doivent être nettoyées à l'eau et au savon aussi souvent que nécessaire. Le port de gants est recommandé, surtout en cas de mains abîmées ou blessées. Les gants sont à renouveler au cours de la traite, au besoin et notamment après la traite ou un contact simple avec une vache infectée (**Réseau Mammites s. d.**)

Une dépression trop importante dans le manchon trayeur entraîne de la congestion et de l'œdème au niveau du trayon. Ces lésions sont d'autant plus marquées que la machine à traire est réglée avec un vide élevé pouvant aller de 40 à 70 kPa (**Odorčić et al.**

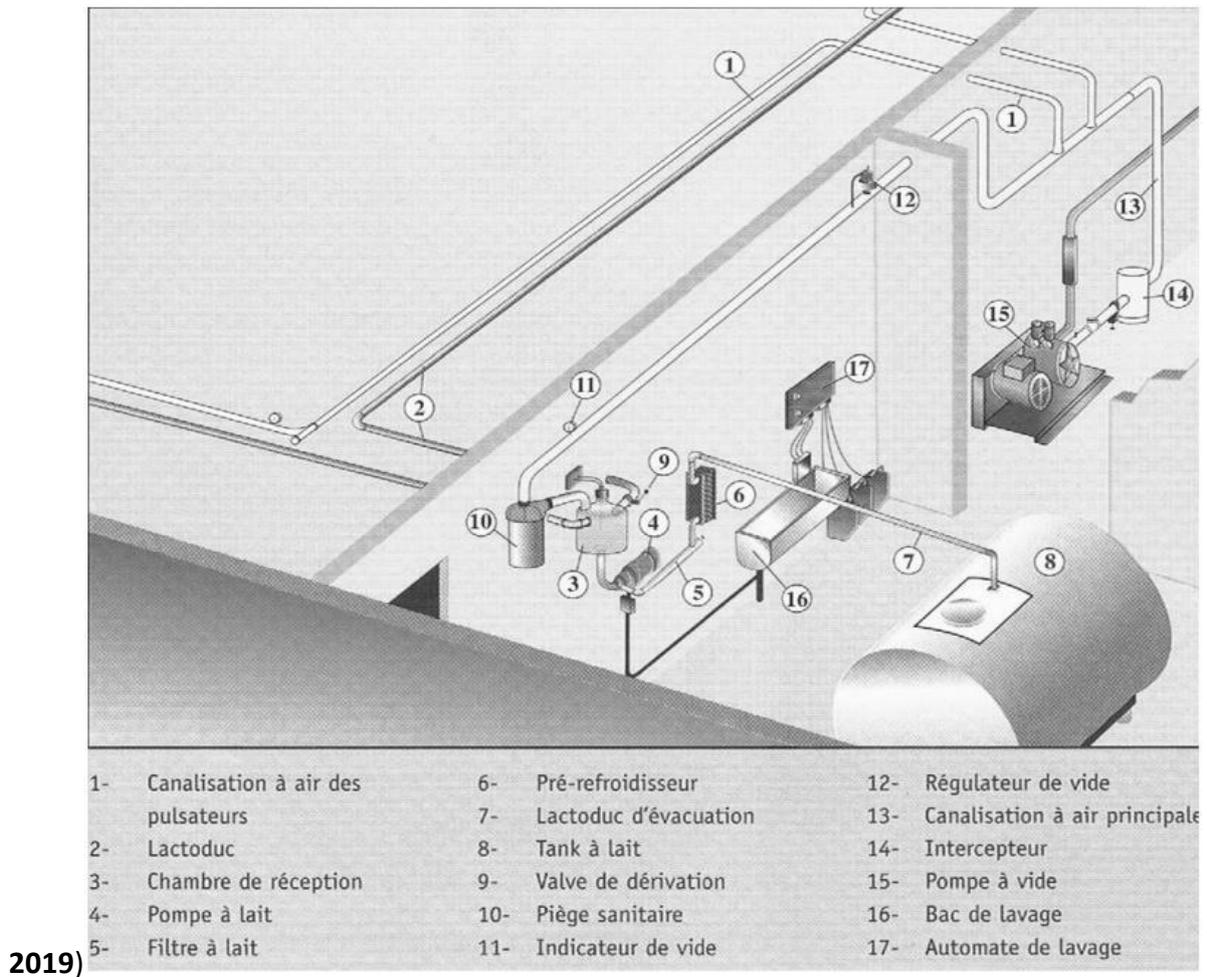


Figure 18: Les composants de la machine à traire (LEVESQUE P, HETREAU T 2007).

III -B-2-b-La technique de traite:

A la traite, les mesures préventives visent à éviter que les germes présents sur la peau de la mamelle n'entrent à l'intérieur des trayons, et que les vaches se contaminent entre elles par l'intermédiaire de la griffe. La première mesure est le contrôle régulier des réglages de l'équipement de traite par un professionnel, car un mauvais fonctionnement peut fragiliser les sphincters des trayons. La seconde est une hygiène rigoureuse, quelque soit la méthode employée : lavettes lavables en tissu, lingettes, spray désinfectant et brossage. Ces bonnes pratiques sont désormais largement adoptées et ont permis une diminution importante des mammites. En outre, l'éleveur a la possibilité en salle de traite de tirer les premiers jets de lait pour détecter la présence de caille. Après la traite, le trayon est à nouveau désinfecté, et l'accès au couchage n'est pas immédiat pour laisser le temps au sphincter de se refermer. (NORIAP Le 12 juin 2020).

III-B-2-c- Les animaux :

Le management et le contrôle des mammites dépendent de la mise en place et du maintien de niveaux d'hygiène stricts pour garder les trayons propres et sains : cela s'applique non seulement aux vaches en lactation, mais également aux génisses et aux vaches tarées. Les logettes et l'aire paillée doivent être aussi propres que possible. Les bovins doivent être manipulés avec précaution et calmement afin de réduire le stress et d'éviter que les vaches ne soient précipitées dans des zones où la boue pourrait causer un encrassement excessif de la mamelle. Les conditions au champ doivent également être prises en compte : des conditions excessivement humides ou boueuses augmenteront le risque d'infections du sol et des trayons. Une nutrition appropriée des vaches laitières, soutenant l'immunité même en cas de stress, pourra également contribuer à réduire les cas de mammite. (Phibro 2020).

IV-La gestion des mammites sub-clinique en élevage: un enjeu économique

Avec un taux de survenue de 30 % chaque année, la mammite représente une gêne et un coût majeurs pour les élevages laitiers.

L'exploitant connaît des pertes de production, doit appeler le vétérinaire, prodiguer des soins supplémentaires à la vache (temps/travail) et dépenser de l'argent en médicaments. Les vaches sont également abattues prématurément en raison des mammites. La mammite clinique peut représenter un coût de 270 € par vache et par an sur un élevage laitier. La mammite subclinique (augmentation du taux cellulaire sans infection visible du pis) reçoit beaucoup moins d'attention sur un élevage laitier, ce qui en fait souvent une dépense cachée. La mammite subclinique peut représenter un coût de 140 € par vache et par an sur un élevage laitier. Pour une exploitation de 100 vaches laitières, cela représente une dépense de 14000€ pour des vaches atteintes de mammite subclinique. (kepro2020).

IV-A-Mammites sub-cliniques et conséquences sur la production laitière:**IV-A-1-Mammites sub-cliniques et baisse de la production laitière:**

Une vache souffrant de mammite pourra transmettre l'infection à d'autres vaches. Le risque de rétablissement complet de la mamelle chez un animal infecté est limité, ce qui entraîne une réduction de la production de lait pendant le reste de la lactation actuelle et au cours des lactations suivantes. Les vaches atteintes sont également susceptibles d'être moins

fertiles et ont plus de chances de vêler prématurément. (Phibro 2020).

Il a été observé que lorsque le CCS est présent dans le lait à 100 000/ml, la productivité des vaches à partir d'un quart du pis par jour diminue de 25 à 35 %, et de 10 à 15 % pendant toute la durée de la lactation. En moyenne, une vache malade ne produit pas 650 kg de lait pendant la lactation. Les animaux malades produisent moins de lait pendant le reste de leur vie. Le plus souvent, la mammite subclinique sévit dans les exploitations. On dit que la plupart des pertes dans les exploitations laitières, qui peuvent atteindre 70 %, sont précisément causées par la mammite subclinique. Il est donc très important de détecter la mammite subclinique le plus tôt possible, avant que la maladie ne prenne une forme clinique. (Brolisherdline2022)

IV-A-2-Mammmites sub-cliniques et dégradation de la qualité de la production laitière :

En cas de mammite subclinique (MSC), aucune anomalie visible du lait ou de la mamelle ne peut être mise en évidence, et des tests sont nécessaires pour détecter les réponses inflammatoires qui suivent l'infection intramammaire (IMI). La mammite subclinique est plus fréquente que la forme clinique. Elle est difficile à diagnostiquer et représente une source majeure d'infection pour les autres vaches du troupeau, entraînant des pertes importantes de production laitière. Dans ce contexte, les différences de qualité, de composition et d'aptitude fromagère du lait entre les échantillons de lait prélevés dans des quartiers sains et infectés de manière subclinique n'ont pas encore été évaluées chez les vaches Holstein. L'objectif de cette étude italienne était d'investiguer les associations entre les infections intramammaires subcliniques et la composition du lait au niveau du quartier, les indicateurs de santé de la mamelle et les caractéristiques en relation avec la fabrication du fromage. Les auteurs ont analysé une base de données de 450 vaches Holstein provenant de 3 troupeaux laitiers. Après un screening bactériologique préalable (T0 : identification des vaches infectées par *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, et *Prototheca* spp.), 613 prélèvements de lait de quartier ont été récoltés à 2 moments de la lactation, respectivement 2 (T1) et 6 semaines (T2) après T0. La concentration en cellules somatiques (CCS) était évaluée avec le choix d'un seuil d'infection à 200.000 cellules/ml.

Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

-Tous les indicateurs de santé mammaire (comptage cellulaire somatique différentiel, comptage macrophages/lymphocytes/leucocytes polynucléaires, teneur en lactose, index caséine, pH, conductivité) étaient associés à une augmentation de la CCS, aux IMI, ceci à T1 et T2.

-C'est à T2 que sont observées les plus fortes variations du taux de lactose pour CCS élevé et IMI (respectivement - 7 et - 5%), ainsi que de la conductivité (+9 et +8%).

-C'est parmi les prélèvements négatifs en culture avec un CCS ≥ 200.000 cellules/ml qu'ont été trouvées les valeurs individuelles les plus élevées de CCS (maximum : 5.509.000 cellules/ml) ainsi que les numérations les plus fortes en polynucléaires neutrophiles, lymphocytes et macrophages à T1 et T2 (faux-négatifs en bactériologie ?). Mais en moyenne, le CCS de tous les prélèvements négatifs était inférieur à celui des prélèvements positifs (200.000 vs 689.000 cellules/ml). Le CCS est donc, pour les auteurs, un meilleur indicateur de la santé mammaire que la bactériologie.

-En ce qui concerne l'aptitude fromagère, les échantillons de lait avec un CCS élevé ont montré la moins bonne fermeté du caillé à T1 et T2.

Des différences ont été observées entre les IMI à *Streptococcus agalactiae* et *Prototheca* spp, avec de plus grandes modifications défavorables de la qualité du lait et de l'aptitude fromagère pour l'infection à *Prototheca* spp, associée à l'élévation du pH et la moindre concentration en caséine du lait. La dégradation de nombreux critères de la santé mammaire entre T1 et T2 peut s'expliquer par une augmentation de l'inflammation, avec une progression de la MSC vers une forme clinique ou un passage à l'état de mammite chronique. En conclusion, l'augmentation de la concentration en cellules somatiques du lait (CCS) et la présence d'infections intramammaires étaient associées à une réduction de la qualité du lait, à des changements dans les indicateurs de santé de la mamelle et à des effets défavorables sur les conditions de fabrication du fromage. L'écart entre les statuts bactériologique et inflammatoire confirme l'intérêt de la CCS comme indicateur. (Pegolo S 2021).

IV-B-Mammites sub-cliniques et conséquences économique non liée à la production laitière:

IV-B-1-Cout de la prise en charge :

Le contrôle et le traitement de la mammite constituent l'un des coûts les plus importants pour l'industrie laitière et sont également un facteur important du bien-être des vaches laitières. Les pertes proviennent de:

- L'élimination du lait contaminé (lait à antibiotiques et à cellules).
- Une plus grande sensibilité à d'autres maladies.
- Un effet négatif sur la fertilité.
- Des coûts de main-d'œuvre et vétérinaires supplémentaires associés au traitement des vaches affectées.
- Une réforme précoce et une longévité réduite. (Phibro 2020).

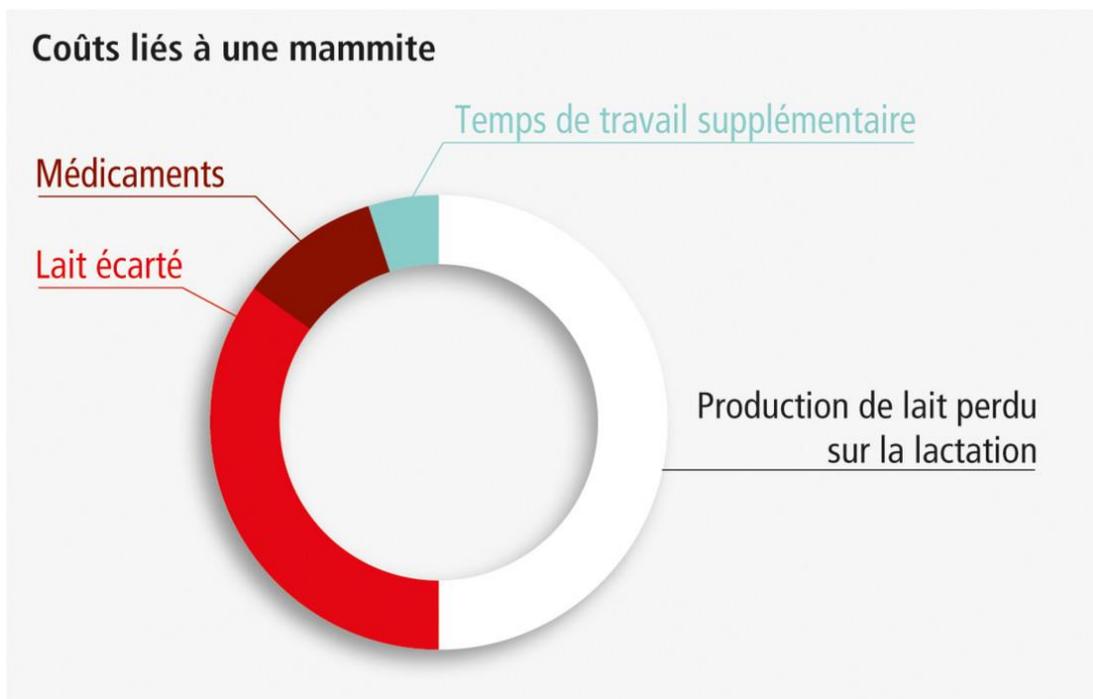


Figure 19: coûts liés à une mammite. (7 juillet 2020 - Kevin DEKNUDT).

IV-B-1-a- coûts de la prise en charge médicale:

Les mammites subcliniques sont plus difficiles à détecter bien qu'elles soient plus nombreuses que les mammites cliniques et qu'elles soient aussi associées à des pertes de production élevées. L'inflammation de la glande mammaire est le plus souvent due à une infection par des micro-organismes (bactéries, champignons, algues) que l'analyse microbiologique en laboratoire permet de mettre en évidence. Cependant, cet examen de référence est coûteux. Plusieurs tests d'évaluation indirecte du lait peuvent être utilisés pour le diagnostic des mammites subcliniques chez la vache laitière. Leur utilité et leurs limites ne sont pas équivalentes. L'examen du lait est primordial pour détecter les mammites, affections courantes et coûteuses en élevage bovin laitier. **(Cécile Ferrouillet et al 2004).**

Selon les cas, un examen du vétérinaire est nécessaire afin de choisir le traitement le plus adéquat. Les antibiotiques et anti-inflammatoires utilisés, mais aussi le coût d'analyse des résidus dans le lait. **(7 juillet 2020 - Kevin DEKNUDT).**

IV-B-1-b- Coût de la main œuvre nécessaire à la gestion en élevage:

Le coût d'une mammite n'est pas simplement le coût des médicaments et du lait écarté. À cela, il faut ajouter la main d'œuvre. Soigner une vache prend du temps et ce pendant plusieurs jours. Traiter pendant la traite, la séparer après la traite, vérifier que la vache se porte bien dans le box « hôpital ». **(7 juillet 2020 - Kevin DEKNUDT).** Dans la majorité des cas en élevage bovin laitier, les mammites sont prises en charge par les éleveurs qui suivent les recommandations ainsi que les conseils des vétérinaires responsables de leur protocole de soins. **(Clothilde Barde2020).**

IV-B-1-c- Réforme importante:

Le coût lié à une vache réformée précocement est la différence entre la valeur de vente bouchère et la valeur de remplacement par une génisse. À cela s'ajoute la différence de production de lait entre la vache réformée et cette génisse remplaçante. Prenons l'exemple d'une vache à 12 000 litres en quatrième lactation, abattue en raison d'une mammite clinique. L'éleveur a touché 750 € et doit la remplacer par une génisse de 1 500 € avec une production de 9 000 litres pour sa première lactation. Le coût total de la réforme est donc $750 \text{ €} + 3\,000 \text{ litres} \times 0,3 \text{ €/L} = 1\,650 \text{ €}$. **(7 juillet 2020 - Kevin DEKNUDT).**

La partie pratique

Matériel et méthodes

1- objectifs:

Notre objectif repose sur une comparaison entre le CMT et le conductimètre pour trouver le meilleur teste dans la détection des mammites subclinique de point de vue facilité et fiabilité. Nous avons fait des études sur des fermes à Tiaret et on a fait ce qui suite :

- Savoir l'état de l'élevage et connaître les facteurs les plus importants à l'origine de l'infection et de la propagation de l'infection dans le troupeau.
- Faire un examen externe de la mamelle et faire un diagnostic des mammites sub-clinique à l'aide du California Mastitis Test (CMT).
- Réalisation du test de conductimètre.
- Prendre des prélèvements de lait des sujets positifs.
- Comparaison entre les résultats de CMT et du conductimètre.

2-Lieu de l'expérimentation:

Nous avons mené une étude sur la détection des mammites subclinique par une comparaison entre le CMT et le conductimètre dans plusieurs fermes des différentes communes de la wilaya de Tiaret.

2-A- Présentation de la wilaya de Tiaret :

Tiaret est une ville importante vu sa situation géographique. Elle est limitée par les wilayas suivantes : au Nord par Relizane et Tissemsilt, à l'Est par Djelfa, au sud par Laghouat et Elbayedh et à l'Ouest par Saida et Mascara ;

Le découpage administratif de la wilaya de Tiaret ainsi que sa superficie et sa population se présente comme suit :

Tiaret s'étend sur 20673 km et regroupe 14 Daïras déclinées en 42 communes avec une population estimée à un million habitants. Tiaret est à 275 Km de la capitale Alger et se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud.



Figure 20: [Carte des communes de la wilaya de Tiaret 1024x1024.](#)

2-B- Climatologie de la wilaya:

2-B-1 -Température:

Elle est caractérisée par deux périodes principales durant l'année : Un hiver rigoureux, accompagné souvent par des chutes de neige, la température moyenne enregistrée est de 7,2 °C. Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24 °C.

2-B-2-Pluviométrie:

En période normale la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluie par an ; avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 157 mm en hiver a 31 mm en été.

2-C-Cheptel et la production laitière:

Tableau03: L'évolution de l'élevage des vaches laitières dans la wilaya de Tiaret de 2018 – 2023(D.S.A Tiaret).

l'année	Total vaches laitières	La production laitière
2018-2019	25973, 00	72412L
2019-2020	241400,00	75122L
2020-2021	21703,00	71423L
2021-2022	19636,00	48376L
2020-2023	19894,00	62673L

3-La période de l'expérimentation:

La période de notre étude est une période allons du mois de Novembre 2023 jusqu'au mois de Mai 2024, donc on a englobé les différentes saisons de l'année.

4-L'effectif de l'expérimentation:

Notre étude a été faite sur 62 vaches qui ont été soumises au dépistage par le CMT et le conductimètre. Les informations requises, comme l'Age, la race, la robe, le numéro de lactations, l'alimentation et les antécédents des mammites ainsi que le stade de gestation, ont été obtenues en demandant à l'éleveur.

Nous avons effectué des visites de terrain dans de nombreuses fermes, qui sont répertoriées dans l'ordre suivant :

Tableau04: Lieu et période de notre travail de la wilaya de Tiaret.

La date	La ferme	Le nombre des vaches en production laitière
20 novembre 2023	(1)	12
18 décembre 2023	(2)	7
11 février 2024	(3)	27
2 mai 2024	(4)	16

5-Les critères de choix des vaches pour les tests:

Les bêtes choisis sont des vaches de différentes races en période de production laitière non taris les vaches prélevés sont des vaches qui n'ont pas des signes de mammite clinique.

6-Le matériels utilise:

6-1-Pour le test CMT (Californian Mastitis Test):

1. Plateau test contenant quatre coupelles a fond noir.
2. Flacon contenant le réactif de Teepol (CMT).
3. Gants d'examens.
4. Seau d'eau et antiseptiques pour nettoyer la mamelle et le plateau test.
5. Les fiches de collecte de données individuelles.
6. Une fiche de renseignement des vaches.



Figure21: Flacon contenant le réactif de Teepol (CMT) (personnel).



Figure22: Plateau test contenant quatre coupelles a fond noir.

6-1-a-Technique de réalisation :

Le CMT est basé sur l'utilisation de détergents tensioactifs, c'est-à-dire une solution de Teepol à 10 % sur le lait. Le rôle de ce détergent tensioactif est de provoquer la lyse des cellules présentes dans le lait. Destruction de la paroi cellulaire libère l'ADN cellulaire, qui forme un réseau qui piège les globules gras et autres particules. Cette réaction a pour effet d'augmenter la viscosité du lait. (Durel et al ; 2003).

Le test se fait selon les étapes suivantes :

1. Nettoyage des trayons par l'eau mélangé par un antiseptique.
2. Placez toujours le Plateau contenant quatre coupelles sous des trayons dans la même position afin que le quartier puisse être identifié lors de l'interprétation. Récupérez le lait de chaque quartier dans la tasse correspondante.
3. Incliner le plateau pour gérer les quantités du lait. Equilibrer le niveau du lait.
4. Ajouter le réactif équivalent (Teepol) à la quantité de lait.
5. Bien mélanger le réactif et le lait en mouvements circulaires pendant 10 à 30 secondes.
6. Continuez à faire le tour pour voir la viscosité.
7. Inclinez à gauche et à droite et versez le mélange.



Figure23:les étapes du test CMT (personnel).

6-1-b-La lecture et interprétation:

L'évaluation du test CMT, en termes de présence ou d'absence de viscosité dans le lait

Tableau05: classification du test CMT

Grade	signification	Description de la réaction	interprétation (cellules/ml)
N	Négatif	Le mélange demeure liquide et homogène. Le godet se vide goutte à goutte.	0 – 200 000
T	Trace	Le mélange devient légèrement visqueux. La réaction est réversible, la viscosité tend à disparaître.	150 000 – 500 000
+	Faiblement positif	Le mélange devient visqueux sans formation de gel au centre et la viscosité tend à persister. Le mélange quoique épaissi, se vide graduellement	400 000 – 1 500 000

<p>++</p>	<p>Clairement positif</p>	<p>Formation d'un gel qui tend à se retrouver au centre du godet s'il y a un mouvement de rotation de la palette. Le gel recouvre le fond du godet si on arrête de tourner. Si on verse le mélange, la masse gélatineuse tombe et peut laisser du liquide dans le godet.</p>	<p>800 000 – 5 000 000</p>
<p>+++</p>	<p>Fortement positif</p>	<p>Formation d'un gel au centre du godet qui n'adhère pas au pourtour mais au fond du godet. Si on verse le mélange, celui-ci tombe d'un coup sans laisser de liquide.</p>	<p>> 5 000 000</p>



Figure24:un cas positifs dans le test CMT (personnel).

6-2-Pour le test de conductimètre (Draminski):

1. Le conductimètre de la marque DRAMINSKI le modèle : 4x4 Q MAST.



Figure25: Le conductimètre de la marque DRAMINSKI le modèle : 4x4 Q MAST.

6-2-a-Méthode d'utilisation :

Avant de commencer à tester le lait:

1. Testez à vide le détecteur électronique afin de vous assurer que la pile est encore suffisamment chargée (si l'image de pile clignote, voir section Remplacement de la pile).
2. Avant de commencer les tests, vérifiez toujours que les électrodes métalliques situées au fond du godet de test sont bien propres. Si les électrodes sont encrassées, les résultats des mesures seront plus élevés qu'en réalité.

Petit test simple pour vérifier la propreté des électrodes:

- a) préparez une solution d'eau salée : faites fondre une pincée de sel de cuisine dans un verre d'eau à température ambiante;
- b) versez un peu de cette solution dans le godet de test et lisez le résultat (qui variera en fonction de la quantité de sel diluée);
- c) videz le godet, nettoyez soigneusement les électrodes avec un tampon imbibé de produit vaisselle, rincez convenablement le godet à l'eau courante et secouez-le bien pour faire partir toute l'eau;

d) versez à nouveau un peu de votre solution d'eau salée dans l'appareil et lisez le résultat : si le résultat après nettoyage est nettement inférieur au premier, cela signifie que les électrodes étaient très encrassées;

e) répétez plusieurs fois le nettoyage si nécessaire jusqu'à ce que les chiffres ne changent plus, ce qui indique que les électrodes sont maintenant parfaitement propres. (Attention! Un simple toucher du doigt peut suffire à déposer de la graisse sur les électrodes. Leur propreté est très importante).

Une fois par semaine, nettoyez les électrodes avec de la poudre à lessiver. Ceci permet d'éviter la formation de dépôts à leur surface.

3. Préparez un seau d'eau tiède pour rincer le godet pendant les tests, et un deuxième seau vide pour y verser le lait testé (si vous testez les bêtes en étable sur leur litière). Conformément aux principes d'hygiène de la traite, le premier jet de lait ne peut être déversé dans la litière.



Figure26: les étapes du test conductimètre (personnel).

6-2-b-Le test des animaux

1. Placez les godets de test sous les trayons A, B, C et D, et tirez le premier jet de chacun d'eux de sorte que les godets soient pleins (quantité minimum : jusqu'à environ 1 cm du bord). Arrangez-vous pour tirer le lait le plus vite possible dans chaque godet.
2. Lorsque le lait est tiré, appuyez sur le bouton de commande. L'appareil compte 3 secondes
3. L'écran affiche les résultats de mesure des quatre quartiers, par exemple:

370	380
380	380

4. Pour repérer plus facilement le trayon malade, appuyez à nouveau sur le bouton, ce qui affiche les différences entre les quartiers par rapport au résultat le plus élevé. Par exemple:

10	0
0	0

Après affichage des résultats et des différences entre les quartiers, interprétez immédiatement les résultats comme expliqué dans la section suivante.

5. Jetez le lait dans le seau (ou dans la grille d'égout de l'étable) en secouant bien les dernières gouttes.
6. Après avoir testé tout le pis de la vache, rincez les godets : en tenant l'appareil par le manche, plongez-les dans le seau d'eau et agitez pour bien rincer les restes de lait.
7. Vous pouvez tester la bête suivante immédiatement après avoir rincé les godets et après une courte pression sur le bouton. Ceci efface les résultats précédents et prépare l'appareil pour le test suivant

8. Le détecteur est équipé d'une fonction d'extinction automatique au bout de 30 secondes à compter de la dernière pression sur le bouton. Mais on peut aussi l'éteindre à tout moment en tenant le bouton de commande enfoncé pendant au moins 3 secondes

6-2-c-Interprétation des résultats

Les résultats obtenus doivent être impérativement interprétés selon deux critères:

1. Le chiffre obtenu pour le quartier testé : est-il normal pour la vache concernée ? (évaluation de chaque vache en fonction de son âge)
2. L'importance des différences entre les quartiers pour une même vache.

Par rapport au point 1:

Résultats inférieurs à 250 unités: ils indiquent clairement une mammite subclinique du quartier concerné, ou un risque important de prochaine infection aiguë (ce qui peut arriver très vite).

Résultats supérieurs à 300 unités: le quartier testé est sain. Les résultats normaux se situent généralement entre 330 et 360 unités. Chez les jeunes bêtes en bonne santé, les résultats sont plus élevés (370 à 400); chez les plus âgées, ils sont à un niveau plus bas (300 à 320).

Résultats entre 250 et 300 unités: ils indiquent un état intermédiaire entre la mammite subclinique et la bonne santé. Etant donné les différences physiologiques entre les bêtes, il est difficile de fixer une limite précise à partir de laquelle les quartiers seraient à considérer comme infectés.

Chez certaines vaches, des résultats entre 250 et 300 unités peuvent être considérés comme normaux, et un trayon comme sain, surtout si on n'a jamais obtenu de résultats plus élevés chez cette bête. Par contre, si on a toujours obtenu chez une vache des résultats nettement supérieurs à 300 et qu'on observe soudain une baisse à un niveau compris entre 250 et 300, cette bête est probablement à considérer comme atteinte de mammite subclinique.

Par rapport au point 2:

Une différence de plus de 40 à 50 unités entre le résultat le plus haut et le plus bas obtenu pour les quartiers de la vache testée indique un début de mammite subclinique. Cette vache doit impérativement être testée avant chaque traite afin d'observer si la maladie progresse (chute progressive des résultats pour le quartier malade). La bête doit faire l'objet de soins particulier et son hygiène avant et après la traite doit être renforcée.

6-3-Pour le test bactériologique:

1. Les tubes stériles pour le prélèvement de lait.
2. les étiquettes pour mentionner les données.
3. Les tubes stériles pour la dilution de lait.
4. Les milieux de culture **Chapman** et **Emb**.
5. Micropipettes et les embouts.
6. Autoclave.
7. Un bec benzène.

La **gélose Chapman** ou **gélose au sel de mannitol** est un milieu sélectif utilisé pour l'isolement, le dénombrement et la différenciation des *Staphylococcus* à partir d'échantillons cliniques, alimentaires, antiseptiques et cosmétiques. (Site web)

La **gélose éosine au bleu de méthylène (EMB)** est un milieu **sélectif et différentiel** utilisé pour l'isolement des bacilles gram négatifs dans les aliments, les produits laitiers et les échantillons cliniques. (Site web)

6-3-a-Explication du principe du test bactériologique:

Cet examen permet un diagnostic de certitude de l'infection mammaire. Il consiste en la mise en culture du lait afin d'isoler et d'identifier les germes responsables de l'infection. On a réalisé un prélèvement aseptique du lait et l'adresse rapidement, sous régime du froid, aux laboratoires de microbiologie dans l'heure qui suit a + 4°C.

6-3-b-Les étapes de travail:

1) prélèvement du lait des quartiers positifs.

2) dilution (-1) et (-2) et après faire un ensemencement en surface (0,1ml):

a) Le milieu **Chapman** pour S. Aureus.

b) Le milieu **Emb** pour E. Coli.

Et pour déterminer les germes totaux on utilisé le milieu PCA à la profondeur de (1ml)

3) Après 24h d'incubation on a fait le dénombrement au milieu PCA

4) pour S. Aureus et E. Coli :

Purification

Isolement

Identification

Résultats :

18 souches de S. aureus.

02 souches d'E. Coli.

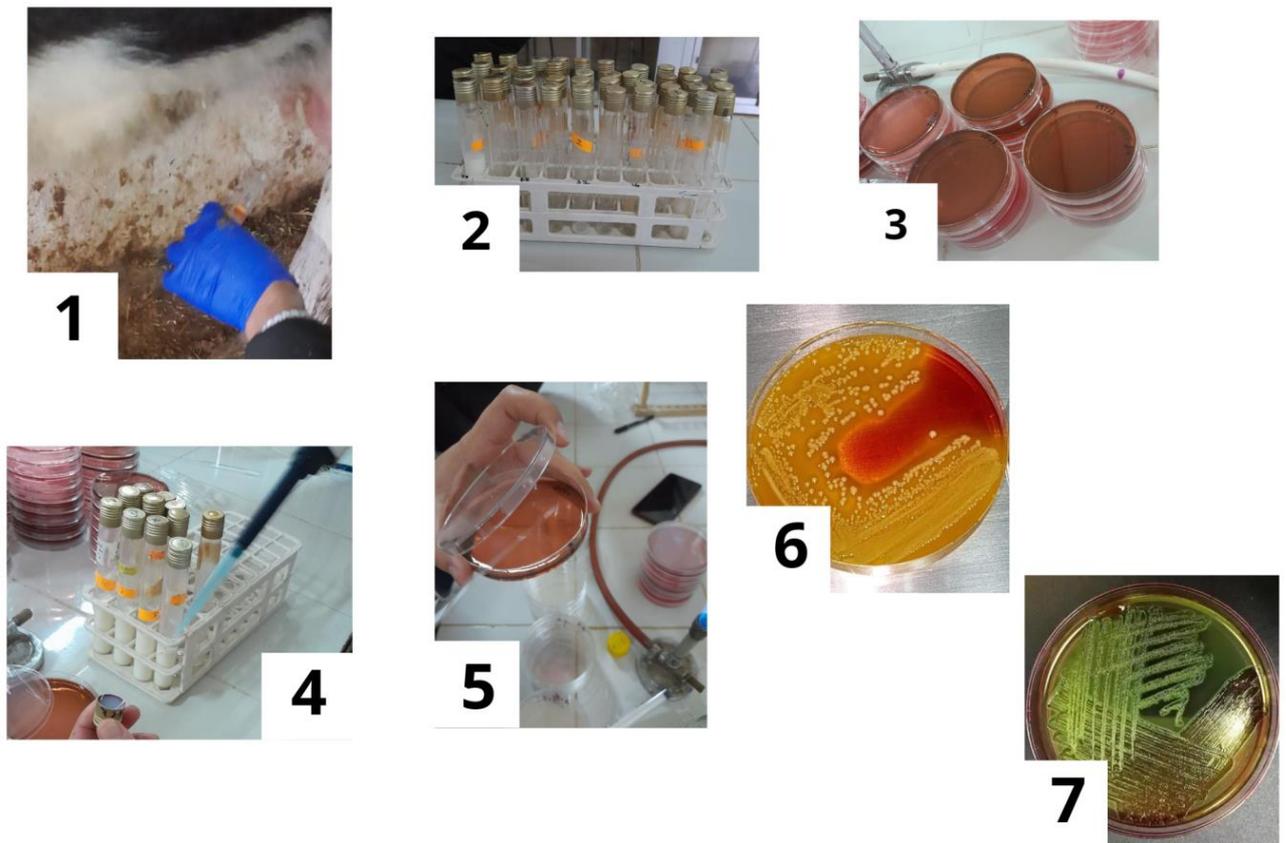


Figure 27: Les étapes du test bactériologique (1, 2, 3, 4, 5 personnel).

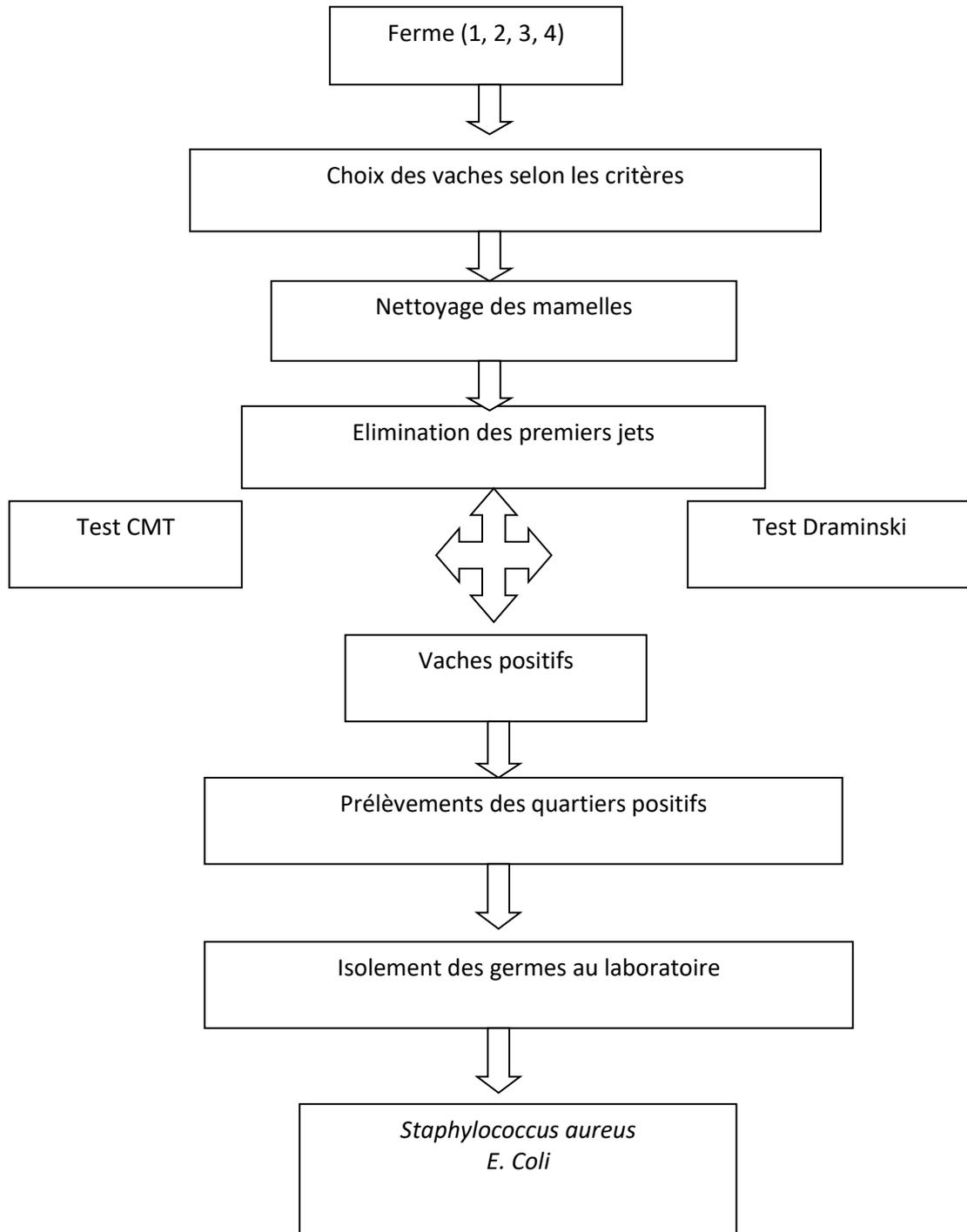
Photo 6: *Staphylococcus aureus* sur gélose Chapman.

<https://www.facebook.com/profile.php?id=100077970873261>

Photo 7: *E. coli* sur gélose EMB. (Site web)

Note : le changement de couleur du milieu **Chapman** démontre la fermentation du mannitol, PAS la couleur de la colonie. Ceci est particulièrement important car de nombreux microcoques sont pigmentés.

III-7-Le schéma expérimental :



Résultats et discussions

-Les résultats:

Ferme	Num de vache	Age	Race	Robe	NL	QUAR	CMT	Condu ctimè tre	diffé re nce
1	3152	7	MB	PR	5	AD	0	470	70
						PD	0	540	0
						AG	0	460	80
						PG	0	500	40
1	4428	4	FRIS	PN	2	AD	0	530	80
						PD	0	610	0
						AG	0	540	70
						PG	3	500	110
1	4432	4	FRIS	PN	2	AD	4	430	140
						PD	2	460	110
						AG	0	540	30
						PG	0	570	0
1	0701	4	MB	PR	3	AD	1	440	20
						PD	0	440	20
						AG	0	460	0
						PG	0	460	0
1	2539	2	MB	PR	3	AD	0	800	0
						PD	0	590	210
						AG	0	600	200
						PG	0	530	270
1	5004	2	MB	PR	1	AD	3	240	160
						PD	0	280	120
						AG	0	270	130
						PG	4	400	0
1	Sans boucle	6	CROI	PN	4	AD	0	460	70
						PD	0	520	10

						AG	0	450	80
						PG	0	530	0
1	2511	6	MB	PR	3	AD	3	370	100
						PD	4	280	190
						AG	1	470	0
						PG	1	400	70
1	0707	2	MB	PR	1	AD	0	440	10
						PD	0	450	0
						AG	0	440	10
						PG	0	410	40
1	Sans boucle	7	MB	PR	5	AD	0	510	0
						PD	0	410	100
						AG	2	440	70
						PG	0	450	60
1	8917	7	PH	PN	5	AD	2	530	0
						PD	2	440	90
						AG	0	420	110
						PG	4	460	70
1	4445	4	MB	PR	2	AD	0	420	0
						PD	0	390	30
						AG	0	410	10
						PG	0	410	10
2	1158	6	FLK	PR	4	AD	1	460	60
						PD	1	460	60
						AG	1	520	0
						PG	1	470	50
2	14430	8	CRO	PN	5	AD	/	/	/
						PD	2	420	40
						AG	0	430	30
						PG	0	460	0
2	Fe1482	5	CRO	PN	2	AD	4	250	200

						PD	3	430	0
						AG	3	410	20
						PG	3	410	20
2	Fe1465	6	CRO	PN	3	AD	4	430	0
						PD	4	430	0
						AG	4	400	30
						PG	4	380	50
2	0774	3	FLK	PR	1	AD	/	/	/
						PD	0	600	80
						AG	0	680	0
						PG	0	580	100
2	9949	6	PH	PN	2	AD	0	450	70
						PD	0	520	0
						AG	2	520	0
						PG	0	490	30
2	3984	3	PH	PN	1	AD	3	240	210
						PD	3	270	180
						AG	3	450	0
						PG	3	340	110
3	6985	4	PH	PN	2	AD	1	430	80
						PD	3	510	0
						AG	1	480	30
						PG	3	420	90
3	6925	5	PH	PN	2	AD	2	330	110
						PD	3	340	100
						AG	2	410	30
						PG	3	440	0
3	0789	5	PH	PN	2	AD	2	510	120
						PD	0	630	0
						AG	0	570	60
						PG	0	580	50

3	5929	5	PH	PN	2	AD	3	470	180
						PD	3	610	40
						AG	3	490	160
						PG	3	650	0
3	8584	4	MB	PR	2	AD	0	430	50
						PD	4	460	20
						AG	0	440	40
						PG	2	480	0
3	2291	5	PH	PH	2	AD	0	420	50
						PD	3	420	50
						AG	0	470	0
						PG	2	400	70
3	3504	4	NOR	PR	2	AD	3	400	100
						PD	0	490	10
						AG	2	450	50
						PG	0	500	0
3	Sans boucle	5	PH	PN	2	AD	0	430	60
						PD	4	360	130
						AG	0	490	0
						PG	0	450	40
3	0791	5	PH	PN	2	AD	2	410	120
						PD	5	470	60
						AG	2	410	120
						PG	0	530	0
3	0757	3	PH	PN	1	AD	0	390	200
						PD	0	510	80
						AG	0	/	/
						PG	0	590	0
3	1146	3	PH	PN	1	AD	0	440	200
						PD	0	480	160
						AG	0	630	10

						PG	0	640	0
3	0794	3	NOR	PR	1	AD	0	450	30
						PD	0	440	40
						AG	1	480	0
						PG	0	480	0
3	Sans boucle	3	PH	PN	1	AD	0	450	90
						PD	0	480	60
						AG	0	500	40
						PG	0	540	0
3	0138	3	PH	PN	1	AD	0	470	40
						PD	4	460	50
						AG	0	500	10
						PG	0	510	0
3	0779	3	PH	PN	1	AD	0	450	140
						PD	0	520	70
						AG	0	470	120
						PG	0	590	0
3	3526	3	NOR	PR	1	AD	0	440	100
						PD	2	490	50
						AG	2	540	0
						PG	2	480	60
3	6383	5	PH	PN	2	AD	0	430	50
						PD	2	460	20
						AG	0	440	40
						PG	2	480	0
3	0767	5	PH	PN	2	AD	0	480	50
						PD	0	520	10
						AG	0	530	0
						PG	2	530	0
3	Sans boucle	3	PH	PN	1	AD	0	430	120
						PD	2	460	90

						AG	0	550	0
						PG	0	510	40
3	1131	3	PH	PN	1	AD	2	470	50
						PD	2	490	30
						AG	0	520	0
						PG	2	490	30
3	1120	3	PH	PN	1	AD	2	370	160
						PD	2	420	110
						AG	2	410	120
						PG	2	530	0
3	1170	3	PH		1	AD	0	460	0
						PD	0	420	40
						AG	0	420	40
						PG	0	460	0
3	6990	3	PH	PN	1	AD	0	420	80
						PD	0	500	0
						AG	0	470	30
						PG	3	400	100
3	2904	3	NOR	PR	1	AD	0	440	140
						PD	0	480	100
						AG	0	580	0
						PG	1	520	60
3	4672	3	NOR	PR	1	AD	3	450	100
						PD	0	550	0
						AG	3	390	160
						PG	4	330	220
3	1172	3	PH	PN	1	AD	0	370	70
						PD	0	440	0
						AG	0	390	50
						PG	0	420	20
3	4159	3	PH	PN	1	AD	0	510	40

						PD	3	490	60
						AG	0	510	40
						PG	1	550	0
4	Sans boucle	3	PH	PN	1	AD	0	410	50
						PD	3	290	170
						AG	0	360	100
						PG	0	460	0
4	4310	5	PH	PN	2	AD	1	430	0
						PD	1	420	10
						AG	0	430	0
						PG	0	390	40
4	1381	4	PH	PN	2	AD	3	420	10
						PD	2	430	0
						AG	3	360	70
						PG	3	360	70
4	8811	3	PH	PN	2	AD	1	350	110
						PD	3	430	70
						AG	3	460	40
						PG	3	500	0
4	0773	4,5	PH	PN	2	AD	2	450	0
						PD	2	440	10
						AG	2	380	70
						PG	3	420	30
4	2157	4,5	PH	PN	2	AD	2	470	0
						PD	0	440	30
						AG	2	370	100
						PG	2	400	70
4	6861	2	PH	PN	2	AD	0	590	0
						PD	0	490	100
						AG	0	480	110
						PG	0	430	160

4	0608	3	FLK	PR	1	AD	1	400	70
						PD	2	470	0
						AG	0	370	100
						PG	2	380	90
4	9004	4	FLK	PR	2	AD	/	/	/
						PD	4	330	190
						AG	/	/	/
						PG	1	520	0
4	Sans boucle	5	PH	PN	1	AD	0	520	0
						PD	0	480	40
						AG	0	420	100
						PG	0	430	90
4	5251	4	MB	PR	2	AD	3	480	60
						PD	0	540	0
						AG	0	430	110
						PG	3	430	110
4	3813	3	FLK	PR	1	AD	0	460	30
						PD	1	490	0
						AG	0	400	90
						PG	0	450	40
4	2459	2	FLK	PR	1	AD	2	370	50
						PD	3	400	20
						AG	2	350	70
						PG	0	420	0
4	7486	3	MB	PR	1	AD	0	520	0
						PD	4	450	70
						AG	/	/	/
						PG	4	470	50
4	8696	4	MB	PR	2	AD	4	390	0
						PD	0	390	0
						AG	4	330	60

						PG	0	380	10
4	0399	2	MB	PR	1	AD	0	520	110
						PD	4	480	150
						AG	0	630	0
						PG	4	390	240

Voici les résultats des calculs pour chaque ferme:

Ferme 1:

Nombre total de tests CMT positifs : 6

Nombre total de tests effectués : 12

Prévalence de la mammites: $(6 / 12) \times 100 = 50\%$

Quartier le plus touché:

AD : 4 tests positifs.

AG : 1 test positif.

PD : 3 tests positifs.

PG : 3 tests positifs.

Quartier le plus touché : AD

Ferme 2:

Nombre total de tests CMT positifs : 6

Nombre total de tests effectués : 7

Prévalence de la mammites: $(6 / 7) * 100 = 85.71\%$

Quartier le plus touché:

AD : 3 tests positifs.

AG : 4 tests positifs.

PD : 4 tests positifs.

PG : 3 tests positifs.

Quartiers les plus touchés: AG et PD

Ferme 3:

Nombre total de tests CMT positifs : 19

Nombre total de tests effectués : 27

Prévalence de la mammite: $(19 / 27) * 100 = 70.37\%$

Quartier le plus touché:

AD : 8 tests positifs.

AG : 7 tests positifs.

PD : 14 tests positifs.

PG : 12 tests positifs.

Quartier le plus touché : PD

Ferme 4:

Nombre total de tests CMT positifs : 12

Nombre total de tests effectués : 16

Prévalence de la mammite: $(12 / 16) * 100 = 69.35\%$

Quartier le plus touché:

AD : 6 tests positifs.

AG : 6 tests positifs.

PD : 9 tests positifs.

PG : 8 tests positifs.

Quartier le plus touché: PD

La prévalence des mammites dans les quatre fermes:

Nombre total de tests CMT positifs dans les quatre fermes :

$$6+6+19+12=43$$

Nombre total de tests effectués dans les quatre fermes :

$$12+7+27+16=62$$

Prévalence globale de la mammite:

$$(43 / 62) \times 100 = 69.35\%$$

Les prévalences de la mammite pour chaque race:

MB (Montbéliarde) : 61.54%

FRIS (Frisonne) : 100%

CROI (Croisée) : 75%

FLK (Fleckvieh) : 50%

PH (Prim'Holstein) : 71.88%

NOR (Normande) : 60%

On peut observer que la race FRIS (Frisonne) présente la prévalence la plus élevée de la mammite avec 100%. Par conséquent, dans ces données, les vaches de race Frisonne sont les plus touchées par la mammite subclinique mais ce résultat peut être dû à cause du nombre limité dans notre étude (2 vaches).

Les prévalences de la mammite pour chaque robe:

Pie Rouge (PR) : 58.33%

Pie Noir (PN) : 73.68%

On peut observer que la robe Pie Noir (PN) présente la prévalence la plus élevée de la mammite avec 73.68%. Par conséquent, dans ces données, les vaches avec la robe Pie Noir sont les plus touchées par la mammite subclinique.

Les prévalences de la mammite pour chaque groupe d'âge:

Âge 2 ans : 50%

Âge 3 ans : 56.52%

Âge 4 ans à 5 ans : 83.33%

Âge 6 ans : 60%

Âge 7 à 8 ans : 75%

Le pourcentage des quartiers infecté :

41.05% pour les quartiers antérieur infecté et 58.95% pour les quartiers postérieur infectés.

On peut observer que les vaches de 4 à 5 ans présentent la prévalence la plus élevée de la mammite avec 83.33%.

En général, on peut voir qu'il y a une variation dans la prévalence de la mammite en fonction de l'âge des vaches.

Cependant, pour cette comparaison, il est important de noter que le test CMT et le conductimètre mesurent des aspects différents des infections de la mamelle. Le CMT détecte directement la présence de cellules somatiques dans le lait, tandis que le conductimètre mesure des changements dans la conductivité électrique du lait, qui peuvent être influencés par divers facteurs autres que les infections.

Ainsi, une corrélation ou une concordance entre les résultats des deux tests ne signifie pas nécessairement qu'ils détectent tous deux les mêmes infections de la mamelle. Cela pourrait indiquer une association entre les deux mesures, mais cela pourrait également être dû à d'autres facteurs.

En résumé, bien que les deux tests puissent détecter des aspects des infections de la mamelle, ils ne semblent pas être fortement concordants dans ces données spécifiques. Cela

peut être dû aux différences dans la manière dont les deux tests évaluent les infections de la mamelle et à d'autres facteurs influençant les résultats.

La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN) pour le conductimètre en utilisant les valeurs du tableau et prenant le CMT comme un test de confirmation à cause qu'il est le test de choix sur le terrain et à cause que sa fiabilité est prouvée depuis une période qui dépasse un siècle.

Pour le test de conductimètre:

Ferme 1:

Nombre total de tests conductimètre positifs : 9

Nombre total de tests effectués : 12

Prévalence de la mammite: $(9 / 12) \times 100 = 75\%$

Quartier le plus touché:

AD : 6 tests positifs.

AG : 7 tests positifs.

PD : 6 tests positifs.

PG : 5 tests positifs.

Quartier le plus touché : AG

Ferme 2:

Nombre total de tests conductimètre positifs : 6

Nombre total de tests effectués : 7

Prévalence de la mammite: $(6 / 7) * 100 = 85.71\%$

Quartier le plus touché:

AD : 4 tests positifs.

AG : 0 tests positifs.

PD : 3 tests positifs.

PG : 4 tests positifs.

Quartiers les plus touchés: AD et PG

Ferme 3:

Nombre total de tests conductimètre positifs : 25

Nombre total de tests effectués : 27

Prévalence de la mammite: $(25 / 27) * 100 = 92.59\%$

Quartier le plus touché:

AD : 23 tests positifs.

AG : 8 tests positifs.

PD : 14 tests positifs.

PG : 7 tests positifs.

Quartier le plus touché : AD

Ferme 4:

Nombre total de tests conductimètre positifs : 15

Nombre total de tests effectués : 16

Prévalence de la mammite: $(15 / 16) * 100 = 93.75\%$

Quartier le plus touché:

AD : 6 tests positifs.

AG : 11 tests positifs.

PD : 6 tests positifs.

PG : 8 tests positifs.

Quartier le plus touché: AG

Le pourcentage des quartiers infecté :

55,08% pour les quartiers antérieur infecté et 44,92% pour les quartiers postérieurs infectés.

La prévalence des mammites dans les quatre fermes:

Nombre total de test conductimètre positifs dans les quatre fermes :

$$9+6+25+15=55$$

Nombre total de tests effectués dans les quatre fermes :

$$12+7+27+16=62$$

Prévalence globale de la mammite:

$$(55 / 62) \times 100 = 88.71\%$$

Les prévalences de la mammite pour chaque race:

MB (Montbéliarde) : 76.92%

FRIS (Frisonne) : 100%

CROI (Croisée) : 75%

FLK (Fleckvieh) : 100%

PH (Prim'Holstein) : 93.75%

NOR (Normande) : 80%

Les prévalences de la mammite pour chaque robe:

Pie Rouge (PR) : 83,33%

Pie Noir (PN) : 92,11%

On peut observer que la robe Pie Noir (PN) présente la prévalence la plus élevée de la mammite avec 92,11%. Par conséquent, dans ces données, les vaches avec la robe Pie Noir sont les plus touchées par la mammite subclinique.

Les prévalences de la mammite pour chaque groupe d'âge:

Âge 2 ans : 83,33%

Âge 3 ans : 91,3%

Âge 4 ans à 5 ans : 87.5%

Âge 6 ans : 100%

Âge 7 à 8 ans : 75%

On peut observer que les vaches de 6 ans présentent la prévalence la plus élevée de la mammite avec 100%.

Vrais positifs(VP) Conductimètre = 41

Faux positifs (FP) Conductimètre = 14

Vrais négatifs (VN) Conductimètre =6

Faux négatifs(FN) Conductimètre = 1

- **Sensibilité** = $\frac{VP \text{ conductimètre}}{VP \text{ conductimètre} + FN \text{ conductimètre}} = \frac{41}{42} \approx 0,97$ (environ 97.62%)

- **spécificité** = $\frac{VN \text{ conductimètre}}{VN \text{ conductimètre} + FP \text{ conductimètre}} = \frac{6}{20} \approx 0,3$ (environ 30%)

- **Valeur Prédictive Positive(VPP) :**

$$VPP = \frac{VP \text{ conductimètre}}{VP \text{ conductimètre} + FP \text{ conductimètre}} = \frac{41}{55} \approx 0,74$$
 (environ 74%)

- **Valeur Prédictive Négative(VPN) :**

$$VPN = \frac{VN \text{ conductimètre}}{VN \text{ conductimètre} + FN \text{ conductimètre}} = \frac{6}{7} \approx 0,85$$
 (environ 85,71%)

Ces valeurs représentent la performance de test conductimètre en termes de sensibilité, spécificité, VPP et VPN basés sur les données fournies dans nos résultats sachant que on a pris les quartiers positifs a partir plus de 50.

-La discussion:

Il est crucial de détecter le plus précisément possible les infections intra-mammaires chez les vaches laitières (**Chagunda MG et al, 2006**). Plusieurs méthodes à la ferme peuvent être utilisées pour détecter l'infection intra-mammaire avec une précision différente (**Adkins PRF and Meddlition JR, 2018 ; Badiuzzaman M et al, 2015**).

L'étude menée ici a testé les performances du CMT et du conductimètre Draminski en tant que méthodes à la ferme pour l'identification des infections intra-mammaire chez les vaches laitières en lactation dans la région de Tiaret. Les résultats du CMT et du conductimètre ont été comparés entre eux.

Le CMT est réputé par son excellente capacité à détecter l'état sanitaire des vaches et la qualité du lait produit. Son utilisation est très répandue dans les exploitations laitières. Ainsi de nombreuses études ont été menées sur ce test pour déterminer le niveau d'infection des glandes mammaires d'une exploitation donnée.

A la suite de notre étude, nous avons enregistré une prévalence de 69.35 % obtenue dans les quatre fermes étudiées. Cette fréquence est grande par rapport à celle trouvée par **Tchassou (2009)**, qui est de 33,97 %. Elle est aussi plus que la prévalence obtenue par **ZEGHAR et al. (2016)** dans certaines exploitations de la wilaya de Médéa avec un taux de 48,57%. Mais cette fréquence est proche à celle obtenue par **Houssa (2006)**, dans les fermes Niacoulrab et Wayembam qui est de 54,53 %.

En fonction des races, la prévalence obtenue sur les Prim'Holstein est de 71.88 % et 61.54% sur les Montbéliard. Les prévalences obtenues sont élevées du fait que les races exotiques hautement productrices sont plus prédisposées aux mammites **Dupont(1980)**. Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus au Sénégal par **Konté (2003)**, sur les métis F1 et au Niger par **Bada-Alambedji et al (2005)** sur les races locales, qui sont respectivement de 46,2 % et 44 % .Ces faibles prévalences obtenues pourraient se justifier par un niveau d'infection bas et un échantillonnage faiblement représentatif (Métisses et Locales).

En fonction des fermes en a eu des prévalences relativement variable, égale à 50% au Fleckvieh, 60% pour la Normande et 75% chez les races croisés, et 100% pour les Frisonnes, mais cette dernière est à cause du nombre limiter dans cette étude.

L'appareil de conductivité électrique du lait représente un test de mammites subclinique facilement utilisable. En effet, il peut être à la portée des acteurs de la filière (vétérinaire et éleveurs) .Toutefois, il constitue un appareil de dernière génération très pratique sur le terrain. Cependant, bien qu'il soit un indicateur précieux, il n'est pas encore un outil suffisamment sensible et fiable pour poser un diagnostic conclusif de mammites (**Viguiet et al.2009**).De même, l'ambiguïté de l'interprétation des résultats et la disponibilité de l'appareil sur le marché constituent les facteurs limitant son utilisation.

Sur le terrain, les résultats obtenus avec le conducteur électrique montrent que la mammites subclinique peut se traduire par une augmentation de la conductivité électrique du lait. Ce qui remet en cause les propos de **Rémy (2010) ; Bosquet et al, (2013)** qui affirmaient que la mammites subclinique se traduit uniquement par une réaction immunitaire mise en évidence indirectement par une augmentation de la concentration en cellules somatiques du lait.

Sur le total des vaches examinés par le conducteur électrique, la prévalence obtenue est de 88.71%.Cette dernière est bonne du fait qu'elle prouve la fiabilité du test étudié.

En exprimant les résultats sur les différentes races, on obtient une prévalence de 93.75% de cas positifs sur les Prim'Holstein, 76.92% sur les Montbéliard, 80% sur les Normande, 75% sur les Croisé, 100% sur les Fleckvieh (à cause qu'on a étudié seulement 6 vaches de cette race), et on a une prévalence de 100% pour la race Frisonne à cause qu'on avait étudié uniquement 2 vaches de cette race.

Les prévalences obtenues sur les différentes races montrent une fréquence d'infection plus élevée chez les Prim'Holstein. Ceci se justifie par le fait qu'elles sont des vaches laitières hautement productrices de lait. Cependant, la prévalence est élevée chez tous les races dans cette étude, ce qui pourrait être due à des facteurs de variation génétique affectant le conducteur électrique, ou bien à cause que l'hygiène dans les étables incluses dans cette étude est mauvaise.

Par rapport à la robe on avait obtenu une prévalence de 58.33% pour les vaches en pie rouge et 73.68% pour les pies noires pour le CMT. Par contre dans le conducteur électrique on a eue une prévalence de 83.33% pour les Pies rouges et 92.11% pour les pies noires.

Les prévalences du conductimètre étaient plus élevées que le CMT mais la prévalence de la robe pie noire reste la plus grande dans les deux tests.

Les deux tests utilisés (CMT et conducteur électrique) représentent un moyen pratique de dépistage de mammite subclinique à l'étable. Néanmoins, nous étions amenés à étudier la fiabilité et l'efficacité du conductimètre, prenant le CMT comme un test de confirmation des résultats obtenues par le conducteur électrique. Pour cela on a calculé la sensibilité qui est de 97.62%, la spécificité qui égale 30%, les valeurs prédictives positives qui sont de 74.55% et les valeurs prédictives négatives qui sont de 85.71%.

Les résultats précédentes qui sont les résultats qui évalué le conductimètre, prouvent que ce test est excellent pour le dépistage de mammite subclinique sur terrain.

On avait enregistré la présence de 18 souches de *S. aureus* et 2 souches d'*E. Coli* dans plus de 100 prélèvements qui est un résultat faible par rapport à celle trouvé par et **Sylvain Bareille et al** en (2013) qui est 80 souches de *S. aureus* et 80 souches d'*E. Coli* sur 240 prélèvements.

La conclusion

-La conclusion:

Dans le présent travail on a constaté que :

-La prévalence totale de la mammite sub-clinique au niveau des fermes est légèrement faible pour le CMT et moyenne pour le conductimètre.

-La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN) pour le conductimètre sont fiable en prenant le CMT comme un test de référence.

-La prévalence des mammites par rapport à la race a montré que les vaches Prim'Holstein sont les plus touchés.

- La fourchette d'âge la plus touché par la mammite sub-clinique est celle entre 4 ans et 5 ans.

-Pour ce qui est des robes les vaches à robe pie-noir sont les plus sensibles à la mammite subclinique.

-dans cette expérimentation on a isolé deux germes spécifiques de la mammite, ***Staphylococcus Aureus*** et ***Escherichia Coli*** avec une valeur importante pour la première.

Annexe

Résultats des tests de CMT et Conductimètre dans la ferme

Les vaches		01	02	03	04	05	06						
Numéro de vache		3152	4428	4432	0701	2539	5004						
Age		07	04	04	04	06	02						
Race		Mont béliard	Frisonne	Frisonne	Mont béliard croisé	Mont béliard	Mont béliard croisé						
Robe		Pie rouge	Pie noir	Pie noir	Pie rouge	Pie rouge	Pie noir						
Numéro de lactation		05	02	02	02	03	01						
L'antécédent de mammite		non	non	Une fois dans AG	Non	oui	Une fois dans PG						
Stade de gestation		01 mois	05 mois	01mois	06mois	06mois	07mois						
CMT	AD	-	-	+++	Trace	-	++						
	PD	-	-	+	-	-	-						
	AG	-	-	-	-	-	-						
	PG	-	++	-	-	-	+++						
Conductimètre	AD	470	70	530	80	430	140	440	20	800	0	240	160
	PD	540	0	610	0	460	110	440	20	490	210	280	120
	AG	460	80	540	70	540	30	460	0	600	200	270	130
	PG	500	40	500	110	570	0	460	0	530	270	400	0

Les vaches		07	08	09	10	11	12						
Numéro de vache		Sans boucle	2511	0707	Sans boucle	8917	4445						
Age		06	06	02	07	07	04						
Race		Mont béliard croisé	Mont béliard	Mont béliard	Mont béliard	Prime holstein	Mont béliard						
Robe		Pie noir	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge	Pie noir	Pie rouge						
Numéro de lactation		04	03	01	05	05	02						
L'antécédent de mammite		non	oui	non	Oui	oui	Non						
Stade de gestation		06mois	04mois	8mois	Vide	3mois	Vide						
CMT	AD	-	++	-	-	+	-						
	PD	-	+++	-	-	+	-						
	AG	-	trace	-	+	-	-						
	PG	-	trace	-	-	+++	-						
Conductimètre	AD	460	70	370	100	440	10	510	0	530	0	420	0
	PD	520	10	280	190	450	0	410	100	440	90	390	30
	AG	450	80	470	0	440	10	440	70	420	110	410	10
	PG	530	0	400	70	410	40	450	60	460	70	410	10

1 Résultat de ferme 2:

Les vaches	01	02	03	04	05	06	07							
Numéro de vache	1158	14430	Fe1482	Fe1465	0774	9949	0757							
Age	06	08	05	06	03	4	03							
Race	Fleckvieh	Croisé	Croisé	Croisé	Fleckvieh	Prim holstein	Prim holstein							
Robe	Pie rouge	Pie noir	Pie rouge	Pie noir	Noire	Pie noir	Pie noir							
Numéro de lactation	04	05	02	03	01	01	01							
L'antécédent de mammite	Oui	Oui	Blessure au niveau du trayon	Oui	non	non	Non							
Stade de gestation	vide	03mois	07 mois	06mois	Vide	4mois	5-6mois							
CMT	AD	Trace	/	+++	+++	/	-	-						
	PD	Trace	+	++	+++	-	-	-						
	AG	Trace	-	++	+++	-	+	-						
	PG	Trace	-	++	+++	-	-	-						
Conductimètre	AD	460	60	/	/	250	200	430	0	/	450	70	390	200
	PD	460	60	420	40	430	0	430	0	600	520	0	510	80
	AG	520	0	430	30	410	20	400	30	680	520	0	/	/
	PG	470	50	460	0	410	20	380	50	580	490	30	590	0

Résultat des tests CMT et conductimètre dans la ferme 3:

Les vaches	01	02	03	04	05	06	07	08	09										
Numéro de vache	6985	6925	0789	5925	8584	2291	3504	Sans boucle	3984										
Age	04	05	05	05	04	05	04	05	05										
Race	Prim holstein	Prim holstein	Prim holstein	Prim holstein	Mont béliard	Prim holstein	Normande	Prim holstein	Prim holstein										
Robe	Pie noir	Pie noir	Pie noir	Pie rouge	Pie rouge	Pie noir	Blonde	Pie noir	Pie noir										
Numéro de lactation	02	02	02	02	02	02	02	02	02 ^{ème}										
L'antécédent de mammite	Non	non	non	oui	oui	Non	non	oui	oui										
Stade de gestation	Vide	8mois	3mois	vide	2mois	5-6mois	vide	vide	7mois										
CMT	AD	T	+	+	++	-	-	++	++	++									
	PD	++	++	-	++	+++	++	-	+	++									
	AG	T	+	-	++	-	-	+	+++	++									
	PG	++	++	-	++	+	+	-	+	++									
Conductimètre	AD	430	80	330	110	510	120	470	180	430	50	420	50	400	100	/	/	240	210
	PD	510	0	340	100	630	0	610	40	460	20	420	50	490	10	/	/	270	180
	AG	480	30	410	30	570	60	490	160	440	40	470	0	450	50	/	/	450	0
	PG	420	90	440	0	580	50	650	0	480	0	400	70	500	0	/	/	340	110

Les vaches		10	11	12	13	14	15	16	17								
Numéro de vache		0791	1146	0794	Sans boucle	0138	0779	3526	6383								
Age		05	03	03	03	03	03	03	05								
Race		Prim holstein	Prim holstein	Normande	Prim holstein	Prim holstein	Prim holstein	Normande	Prim holstein								
Robe		Pie noir	Pie noir	Blonde	Pie noir	Pie noir	Pie noir	Blonde	Pie noir								
Numéro de lactation		02	01	01	01	01	01	01	02								
L'antécédent de mammite		Oui	non	non	non	oui	non	non	Nor								
Stade de gestation		Vide	9mois	3mois	7mois	4mois	vide	vide	8mois								
CMT	AD	+	-	-	-	-	-	-	-								
	PD	++++	-	-	-	+++	-	+	+								
	AG	+	-	T	-	-	-	+	-								
	PG	—	—	-	-	-	-	+	+								
Conductimètre	AD	410	120	440	200	450	30	450	90	470	40	450	140	440	100	430	50
	PD	470	60	480	160	440	40	480	60	460	50	520	70	490	50	460	20
	AG	410	120	630	10	480	0	500	40	500	10	470	120	540	0	440	40
	PG	530	0	640	0	480	0	540	0	510	0	590	0	480	60	480	0

Les vaches	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27											
Numéro de vache	0767	Sans boucle	1131	1120	1170	6990	2904	4672	1172	4159											
Age	05	03	03	03	03	03	03	03	03	03											
Race	Prim holstein	Normande	Normande	Prim holstein	Prim holstein																
Robe	Pie noir	Blonde	Blonde	Pie noir	Pie noir																
Numéro de lactation	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01											
L'antécédent de mammite	Non	non	oui	oui	non	non	Non	oui	non	Non											
Stade de gestation	vide	4mois	vide	2mois	5mois	vide	2mois	vide	vide	Vide											
CMT	AD	-	-	+	+	-	-	-	++	-	-										
	PD	-	+	+	+	-	-	-	-	-	++										
	AG	-	-	-	+	-	-	-	++	-	-										
	PG	Trace	-	+	+	-	++	Trace	+++	-	Trace										
conductimètre	AD	480	50	430	120	470	50	370	160	460	0	420	80	440	140	450	100	370	70	510	40
	PD	520	10	460	90	490	30	420	110	420	40	500	0	480	100	550	0	440	0	490	60
	AG	530	0	550	0	520	0	410	120	420	40	470	30	580	0	390	160	390	50	510	40
	PG	530	0	510	40	490	30	530	0	460	0	400	100	520	60	330	220	420	20	550	0

Résultats des tests de CMT et conductimètre dans la ferme 4:

Les vaches		01	02	03	04	05	06	07	08	09									
Numéro de vache		Sans boucle	4310	1381	8811	0773	2157	6861	0608	Sans boucle									
Age		03	05	04	03	04,5	04,5	02	03	4ans									
Race		Prim holstein	Mont béliard	Fleckvieh	Prim holstein														
Robe		Pie noir	Pie rouge	Pie rouge	Pie noir														
Numéro de lactation		01	02	02	02	02	02	01	01	02									
L'antécédent de mammite		Non	Non	oui	oui	non	Non	non	non	non									
Stade de gestation		Vide	7mois	vide	vide	7mois	Vide	vide	3mois	4mois									
CMT	AD	-	Trace	++	Trace	+	+	-	Trace	-									
	PD	++	Trace	+	++	+	-	-	+	-									
	AG	-	-	++	++	+	+	-	-	-									
	PG	-	-	++	++	+	+	-	+	-									
Conductimètre	AD	410	50	430	0	420	10	350	110	450	0	470	0	590	0	400	70	520	0
	PD	290	170	420	10	430	0	430	70	440	10	440	30	590	100	470	0	480	40
	AG	360	100	430	0	360	70	460	40	380	70	370	100	480	110	370	100	420	100
	PG	460	0	390	40	360	70	500	0	420	30	400	70	430	160	380	90	430	90

Les vaches	10	11	12	13	14	15	16								
Numéro de vache	5251	3813	2459	6896	0399	7486	9004								
Age	04	03	02	04	02	03	04								
Race	Mont béliard	Fleckvieh	Fleckvieh	Mont béliard	Mont béliard	Mont béliard	Fleckvieh								
Robe	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge	Pie rouge								
Numéro de lactation	02	01	01	02	01	01	02								
L'antécédent de mammite	non	non	oui	Oui	Oui	Anomalie dans l'antérieur gauche	Anomalie dans les deux antérieurs								
Stade de gestation	4mois	2mois	vide	7mois	Vide	4mois	8mois								
CMT	AD	++	-	+	+++	-	-	/							
	PD	-	+	++	-	+++	+++	+++							
	AG	-	-	+	+++	-	/	/							
	PG	++	-	-	-	+++	+++	Trace							
Conductimètre	AD	480	60	460	30	370	50	390	0	520	110	520	0	/	/
	PD	540	0	490	0	400	20	390	0	480	150	450	70	330	190
	AG	430	110	400	90	350	70	330	60	630	0	/	/	/	/
	PG	430	110	450	40	420	0	380	10	390	240	470	50	520	0

