

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research



معهد العلوم البيطرية
Institute of Veterinary
Sciences

جامعة البليدة 1
University Blida-1



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du

Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Synthèse bibliographique sur l'intérêt du diagnostic des
mammites subcliniques chez la vache.**

Présenté par

BELKACEM Imene Hadjer

BENKESSIRAT Nawal

Soutenu le 02/07/2024

Présenté devant le jury :

Président :	KHALED Hamza	MCA	ISV-Blida 1
Examineur :	MERDJA Salah Eddine	MCB	ISV-Blida 1
Promoteur :	YAHIMI Abdelkrim	MCA	ISV-Blida 1
Co-Promoteur :	KEBBAL Seddik	MCA	ISV-Blida 1

2023/2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research



معهد العلوم البيطرية
Institute of Veterinary
Sciences

جامعة البليدة 1
University Blida-1



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du

Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Synthèse bibliographique sur l'intérêt du diagnostic des
mammites subcliniques chez la vache.**

Présenté par

BELKACEM Imene Hadjer

BENKESSIRAT Nawal

Soutenu le 02/07/2024

Présenté devant le jury :

Président :	KHALED Hamza	MCA	ISV-Blida 1
Examineur :	MERDJA Salah Eddine	MCB	ISV-Blida 1
Promoteur :	YAHIMI Abdelkrim	MCA	ISV-Blida 1
Co-Promoteur :	KEBBAL Seddik	MCA	ISV-Blida 1

2023/2024

Remerciements :

*Merci **ALLAH**. Le tout-puissant, de nous avoir donné la force et la patience de terminer notre étude et d'achever ce modeste travail.*

Nous adressons nos remerciements à :

Dr KHALED Hamza

*Qui nous a fait l'honneur d'accepté la présidence de ce jury ;
Hommage respectueux.*

Et à MERDJA Salah Eddine

*D'avoir accepté d'examiner notre mémoire
Sincères remerciements.*

A Dr YAHIMI Abdelkrim

*Notre Promoteur ; qui nous a fait l'honneur d'encadrer notre travail
Votre expertise et votre guidance ont été essentielles pour nous permettre d'atteindre nos objectifs avec succès.*

Professeur KEBBAL SEDDIK

Notre Co-promoteur, nous tenons à vous exprimer toute notre reconnaissance pour votre collaboration et votre soutien précieux ainsi que les conseils judicieux dont vous nous avez fait bénéficier.

*Nos remerciements vont également à tous **les enseignants** de l'institut des sciences vétérinaire BLIDA 1 pour l'excellente formation qui nous ont assuré.*

A nos parents

Pour votre soutien constant et les sacrifices que vous avez faits pour nous tout au long de notre vie. Votre guidance précieuse a été notre lumière. Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour nous.

A toute personne qui par ses actes, ou même ces paroles nous a soutenu durant toutes les épreuves difficiles.

Dédicaces :

Ce projet de fin d'études est le résultat d'une aventure de travail acharné et de réflexion profonde.

Au cours de ce voyage académique, j'ai été entourée d'une multitude de personnes exceptionnelles à qui je souhaite exprimer ma profonde gratitude.

À l'ensemble de ma famille, pour votre amour infini, votre soutien constant et votre patience inépuisable. Votre présence a été ma source d'inspiration.

*À mes chers parents **Mustapha, Naouel** à qui je ne peux exprimer ma fierté de terminer ma carrière universitaire qui est le fruit de votre encouragement, sacrifices et votre patience pendant toutes ces années.*

*À ma très chère et unique sœur **Yousra**, et ma grand-mère **Aicha**.*

*À mes **grands-parents** et mon cher oncle **Lachen** qui nous ont quittés...*

"J'aurai bien voulu, en ce jour que vous soyez là pour honorer ce travail. Vous serez toujours présents dans mon cœur et je vous adore pour l'éternité".

*À **mes enseignants**, pour m'avoir transmis leur passion pour la connaissance, pour avoir éveillé ma curiosité intellectuelle et pour m'avoir guidé dans ma quête d'excellence académique.*

*À mon binôme **Nawal** pour la complicité, les bons moments et les sourires depuis notre rencontre, nous sommes arrivées enfin à la fin de notre cursus après avoir surmonté de nombreux obstacles main à main.*

*À **moi-même**, pour ma persévérance, ma ténacité et ma volonté de repousser mes limites.*

Ce projet est un témoignage de l'impact que vous avez eu sur ma vie et sur mon parcours. Chacun d'entre vous a joué un rôle précieux dans cette réalisation.

Je dédie humblement ce projet à toutes les personnes qui ont contribué à ma croissance personnelle et professionnelle.

Imene Hadjer.

Dédicaces :

Après plusieurs années de persévérance et de travail acharné, on parvient finalement à conclure notre parcours en soumettant cette thèse, qui démontre et confirme notre amour et patience pour la médecine vétérinaire, et notre volonté de rajouter le plus dans ce domaine vaste et impressionnant. Ce mémoire n'est pas seulement un accomplissement académique, mais aussi une victoire personnelle.

Avec l'expression de ma connaissance, je dédie ce modeste travail à :

*Mes **parents**, nulle dédicace n'est susceptible de vous exprimer mes profondes affections et mes immenses gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mes études. Puissent Dieu vous prêter bonne santé et longue vie.*

*Ma **sœur** et mon **frère** en témoignage de la fraternité, avec mes souhaits de bonheur, de sante et de succès.*

*Mon cher binôme « **Imene** » qui m'a soutenu moralement et qui a fait preuve de patience et de compréhension tout au long de ce projet, chaque page est un témoignage de notre résilience et de notre volonté d'aller toujours plus loin.*

*Ma cousine « **Hadjer** » qui m'a encouragé à opter pour cette filière et qui m'a toujours soutenu et motivé tout au long de mon parcours. Je vous souhaite une plus grande réussite et un succès croissant dans votre carrière professionnelle.*

*Mes **chères tantes**, mon **cher oncle** et ma **grand-mère**, que la grâce de Dieu soit avec vous et que vous puissiez vivre longtemps et en bonne santé.*

*Mon fidèle compagnon, mon confident à moustaches, source de tendresse et de ronronnements apaisants « **Sicène** », Je te dédie ce travail en signe de mon amour inconditionnel, que Dieu te protège et t'accordent de santé.*

***Moi-même**, pour ma persévérance, ma discipline et ma passion qui ont guidé mes pas tout au long de ce parcours, Je dédie ma force intérieure qui m'a permis de me relever après chaque chute et de persévérer jusqu'à la ligne d'arrivée.*

Nawal.

Résumé :

Les mammites sont des affections percutantes multifactorielles de la glande mammaire qui impactent négativement la production de la vache laitière. Elles peuvent être cliniques dont on identifie des symptômes généraux, locaux et fonctionnels, contrairement aux mammites subcliniques qui ne sont détectées qu'avec des tests spécifiques, d'où la nécessité de faire un diagnostic précoce afin de prévenir la propagation de la maladie, améliorer la qualité du lait, réduire les coûts de traitement et maintenir la santé des vaches.

Notre synthèse bibliographique sur l'intérêt du diagnostic des mammites subcliniques chez les bovins laitiers a permis de mettre en lumière un large éventail d'approches, à savoir ceux qui sont fondées sur la réponse immunitaire de l'animale ou sur la modification de la perméabilité capillaire ou sur la recherche d'enzymes et de protéines d'inflammation et même des méthodes bactériologiques, chacune présentant ses avantages et ses inconvénients. Une approche intégrée combinant plusieurs méthodes pourrait offrir la meilleure stratégie pour une détection précoce et précise de cette affection courante chez les vaches laitières ainsi que pour établir un protocole thérapeutique adéquat.

Mots Clés : *diagnostic, mammite, subclinique, bovins*

الملخص:

التهاب الضرع هو حالة التهابية متعددة العوامل في الغدة الثديية التي تؤثر سلبًا على إنتاج الأبقار الحلوب. يمكن أن تكون الحالة سريرية، مميزة بالأعراض العامة، المحلية، والوظيفية المعروفة، على عكس التهاب الضرع الفحصي الذي لا يتم اكتشافه إلا من خلال اختبارات محددة. ومن هنا، هناك حاجة للتشخيص المبكر لمنع انتشار المرض، وتحسين جودة الحليب، كشف تلخيصنا البليوغرافي حول قيمة تشخيص التهاب الثدي الفحصي في تقليل تكاليف العلاج، والحفاظ على صحة الأبقار الأبقار الحلوب مجموعة واسعة من النهج، وتحديدًا تلك التي تعتمد على استجابة المناعة للحيوان أو على تعديل النفاذية، أو على البحث عن الإنزيمات والبروتينات الملتهبة، وحتى الطرق البكتيريولوجية، وكل منها يقدم مزاياه وعيوبه. يمكن أن تقدم النهج المتكامل الذي يجمع بين عدة طرق أفضل استراتيجية للكشف المبكر والدقيق عن هذه الحالة الشائعة في الأبقار الحلوب، وكذلك لتحديد بروتوكول علاجي مناسب .

الكلمات المفتاحية : تشخيص ، التهاب الضرع ، تحت السريري ،أبقار .

Abstract:

Mastitis is a multifactorial inflammatory condition of the mammary gland that negatively impacts dairy cow production. It can be clinical, characterized by identifiable general, local, and functional symptoms, unlike subclinical mastitis, which is only detected through specific tests. Hence, there is a need for early diagnosis to prevent the spread of the disease, improve milk quality, reduce treatment costs, and maintain cow health. Our bibliographic synthesis on the value of diagnosing subclinical mastitis in dairy cattle has highlighted a wide range of approaches, namely those based on the animal's immune response or on the modification of permeability, or on the search for enzymes and proteins of inflammation, and even bacteriological methods, each presenting its advantages and disadvantages. An integrated approach combining several methods could offer the best strategy for early and accurate detection of this common condition in dairy cows, as well as for establishing an adequate therapeutic protocol.

Key words: *diagnosis, mastitis, subclinical, cattle.*

Sommaire:

Remerciements :	
Dédicaces :	
Dédicaces :	
Résumé(en Franacais) :	
Résumé (en Arabe):	
Résumé (en Anglais):	
Sommaire:	
Liste des tableaux :	
Liste des figures :	
Liste des abréviations :	
Introduction :	1
CHAPITRE I :	2
ANATOMIE-PHYSIOLOGIE DE LA GLANDE MAMMAIRE BOVINE.....	2
1. Définition de la mamelle :	2
2. Anatomie de la mamelle :	2
2.1. Aspect externe :	2
2.1.1. La peau :	3
2.1.2. L'appareil de suspension (enveloppe conjonctivo-élastique) :	3
2.2. Aspect interne :	3
2.2.1. Tissu glandulaire, alvéoles mammaires :	3
2.2.1.1. Structure des alvéoles :	4
2.2.2. Le parenchyme mammaire :	4
2.2.3. Vaisseaux et système lymphatique :	4
2.2.3.1. Les artères :	5
2.2.3.2. Les veines :	5
2.2.3.3. Le réseau lymphatique :	5
2.2.4. Le tissu nerveux mammaire :	5
3. Physiologie de la lactation :	6
3.1. Développement de la glande mammaire (mammogénèse) :	6
3.1.1. Croissance avant la gestation :	6
3.1.1.1. Durant la vie fœtale :	6
3.1.1.2. Croissance mammaire post-natale :	6
3.1.1.2.1. Avant la puberté :	6

3.1.1.2.2. Au-delà de la puberté :.....	7
3.1.2. Au cours de la gestation :.....	7
3.2. La lactogénèse :.....	7
3.3. La galactopoïèse :.....	8
3.4. Tarissement.....	8
CHAPITRE II :	9
LES INFECTIONS MAMMAIRES.....	9
1. Qu'est-ce qu'une mammite ?.....	9
2. L'étiologie d'apparition des mammites chez la vache :.....	9
2.1. L'agent déterminant : Le germe.....	9
2.1.1. <i>Streptococcus agalactiae</i> :.....	9
2.1.2. <i>Streptococcus dysgalactiae</i> :.....	9
2.1.3. <i>Streptococcus uberis</i> :.....	9
2.1.4. <i>Staphylococcus aureus</i> :.....	10
2.1.5. <i>Escherichia Coli</i> :.....	10
2.1.6. Les staphylocoques à coagulase négative :.....	10
2.1.7. <i>Actinomyces bovis</i> anciennement appelé (<i>Corynebacterium bovis</i>) :	10
2.1.8. <i>Pseudomonas</i> :.....	11
2.2. Les facteurs favorisants :	11
2.2.1. Facteurs liés à l'animal :	11
2.2.1.1. Facteurs de sensibilité :.....	11
2.2.1.1.1. L'âge :	11
2.2.1.1.2. Le numéro (le rang) de lactation :.....	11
2.2.1.1.3. Le stade de lactation :.....	11
2.2.1.1.3.1. La lactation :	11
2.2.1.1.3.2. Le tarissement :	11
2.2.1.2. Facteurs de résistance :	11
2.2.1.2.1. Mécanismes de défense passive :	11
2.2.1.2.1.1. Le sphincter :.....	11
2.2.1.2.1.2. La kératine :	12
2.2.1.2.1.3. La rosette de Fürstenberg :	12
2.2.1.2.2. Mécanismes de défenses actives :	12
2.2.1.2.2.1. La lactoferrine :	12
2.2.1.2.2.2. Le système lactoperoxydase-Thiocyanate-Hydroperoxydase(H ₂ O ₂) :.....	12
2.2.1.2.2.3. Système du complément :	13
2.2.1.2.2.4. Lysozyme :.....	13
2.2.1.2.2.5. Les immunoglobulines :.....	13

2.2.1.2.3. La réponse cellulaire :	13
2.2.1.2.3.1. Les Leucocytes neutrophiles polynucléaires (PNN) :	13
2.2.1.2.3.2. Les macrophages :	13
2.2.1.2.3.3. Les lymphocytes :	14
2.2.2. Les facteurs liés à l'élevage :	14
2.2.2.1. La traite et la machine à traire :	14
2.2.2.2. L'hygiène des bâtiments d'élevage :	15
2.2.2.3. L'alimentation :	15
2.2.2.4. La saison :	15
3. Classification clinique des mammites :	15
3.1. La mammite latente :	15
3.2. Les mammites subcliniques :	15
3.2.1. Définition :	15
3.2.2. Origine d'une mammite subclinique :	16
3.3. Les mammites cliniques :	16
3.3.1. Définition :	16
3.3.2. Classification :	16
3.3.2.1. La mammite suraiguë :	16
3.3.2.1.1. Mammite gangréneuse :	16
3.3.2.1.2. Mammite paraplégique à entérobactéries ou colibacillaire :	17
3.3.2.2. Mammite aiguë :	18
3.3.2.3. La mammite subaiguë :	18
3.3.2.3.1. Mammite d'été :	18
3.3.2.4. La mammite chronique :	18
4. Impact des mammites :	19
CHAPITRE III :	20
DIAGNOSTIC DES MAMMITES SUBCLINIQUES	20
1. Approche fondée sur la réponse immunitaire de l'animale : La concentration somatique cellulaire du lait (CCS) :	20
1.1. Méthodes directes :	21
1.1.1. Comptage microscopique directe sur lame :	21
1.1.1.1. Définition :	21
1.1.1.1.1. La méthode de Breed et Prescott :	21
1.1.1.1.2. Comptage des cellules somatiques à l'aide de la cellule de Thoma :	21
1.1.1.2. Avantages et inconvénients :	22
1.1.2. Comptage par le Fossomatic :	22
1.1.2.1. Définition : Comment fonctionne le Fossomatic ? :	22

1.1.2.2.	Avantages et inconvénients :.....	23
1.1.3.	Comptage par le Counter Coulter :.....	23
1.1.3.1.	Définition et principe :.....	23
1.1.3.2.	Avantages et inconvénients :.....	24
1.2.	Méthodes indirectes : Le California mastitis test (CMT) :.....	24
1.2.1.	Définition :.....	24
1.2.2.	Principe:.....	24
1.2.3.	Réalisation du test:.....	25
1.2.4.	Interprétation des résultats :.....	26
1.2.5.	Avantages et inconvénients :.....	26
2.	Approche fondée sur la modification de la perméabilité capillaire :.....	26
2.1.	La conductivité électrique :.....	26
2.1.1.	Définition et principe de fonctionnement :.....	26
2.1.2.	Avantages et inconvénients :.....	27
2.2.	La mesure de pH :.....	28
2.2.1.	Avantages et inconvénients :.....	29
3.	Approche fondée sur la recherche d'enzymes et de protéines d'inflammation :.....	29
3.1.	N-acétyl-Beta-D-glucosaminidase (NAGase):.....	29
3.2.	Protéines de la phase aiguë d'inflammation :.....	29
4.	Le diagnostic bactériologique :.....	30
4.1.	La Polymerase Chain Reaction (PCR) :.....	30
5.	Intérêt du diagnostic des mammites subcliniques :.....	31
Chapitre IV :		32
TRAITEMENT ET PROPHYLAXIE		32
1.	Traitement des mammites :.....	32
1.1.	Moment de traitement :.....	32
1.2.	Choix d'antibiotiques :.....	32
1.3.	Voies d'administration :.....	32
1.3.1.	La voie galactophore.....	32
1.3.2.	Voie générale	32
2.	Traitement de la mammite subclinique :.....	33
2.1.	Traitement au tarissement :.....	33
2.1.1.	L'obturation systématique des trayons à but préventif associée à une antibiothérapie sélective à but curatif administrée aux vaches suspectes d'être infectées.....	33
2.1.1.1.	Obturation externe :.....	34
2.1.1.2.	Obturation interne :	34
2.1.2.	Antibiothérapie systématique à but préventif et curatif :.....	34

2.1.2.1. Sélection des vaches à traiter lors du tarissement :	34
3. Traitement des mammites chroniques :	34
4. Prophylaxie des mammites :	35
4.1. Prophylaxie médicale :	35
4.1.1. Vaccinothérapie :	35
4.1.2. Scellant à trayon :	35
4.2. Prophylaxie sanitaire :	35
4.2.1. Diagnostic continuuel à l'échelle du troupeau :	35
4.2.2. Hygiène de traite :	35
4.2.3. Logement :	36
4.2.4. Alimentation :	37
Conclusion :	38
Recommandations :	40
Références bibliographiques :	41

Liste des tableaux :

Tableau 1: Grille d'interprétation du test CMT.....	26
Tableau 2: Voie d'administration des antibiotiques mammaires: avantages et inconvénients	33

Liste des figures :

Figure 1 : Coupe sagittale d'un trayon de vache.....	02
Figure 2 : Schéma de l'appareil suspenseur de pis.....	03
Figure 3 : Schéma structurale de la glande mammaire bovine.....	04
Figure 4 : Schéma d'innervation et d'approvisionnement en sang du pis bovin.....	06
Figure 5 : Structure de la rosette de Fürstenberg.....	12
Figure 6 : Phénomène d'impact	14
Figure 7 : Mammite staphylococcique gangréneuse.....	17
Figure 8 : Sécrétion aqueuse brun rougeâtre caractéristique de la mammite gangréneuse	17
Figure 9 : Trayon normale en coupe transversale.....	17
Figure 10 : Trayon infecté par une mammite à <i>E.Coli</i>	18
Figure 11 : Mammite chronique à staphylocoques	19
Figure 12 : Schéma conceptuel des différentes étapes du diagnostic des mammites subcliniques.....	20
Figure 13: Fossomatic™ FC.....	22
Figure 14: Beckman Coulter Multisizer 4e Coulter Counter.....	24
Figure 15 : Palette de CMT, notez la position horizontale pour réaliser les mouvements circulaires	25
Figure 16 : Détecteur de mammites (Conductimètre)	27
Figure 17 : Testeur de pH du lait.....	28
Figure 18 : Schéma Conceptuel de la routine de traite	36

Liste des abréviations :

CCS : Concentration cellulaire somatique.

CCSI : Concentration cellulaire somatique individuel.

TCT : Teneur en cellules du lait de tank.

CCD: Comptage cellulaire différencié.

LH : Luteinizing Hormone (Hormone lutéinisante).

FSH: Follicle-Stimulating Hormone (Hormone Folliculo-Stimulante).

ACTH: Adrenocorticotropic Hormone (hormone adrénocorticotrope).

PRL: Prolactine.

GH: Growth Hormone (hormone de croissance).

PNN: Polynucléaires neutrophiles .

ADN: Acide désoxyribonucléique.

SAA: Serum amyloid A.

NAGase: N-acétyl-Beta-D-glucosaminidase.

CMT: California mastitis Test.

PCR: polymerase chain reaction.

Na⁺: Ion sodium.

K⁺ : Ion potassium.

Cl⁻ : Ion chlorure.

kPa : Kilopascal.

Kg : kilogramme.

mL : millilitre.

mS /cm :millisiemens par centimètre .

CFU/mL: colony-forming unit per millilitre (unité formant colonie par millilitre).

Introduction :

La vie des vaches laitières se caractérise par des activités cycliques de production et de reproduction. Ainsi, leur carrière est rythmée par une succession de vêlages, de lactations et de périodes de non-production de lait (1). Avec le stress métabolique des hautes performances laitières et les effets physiques de la traite et des manipulations deux à trois fois par jour, il n'est pas surprenant que la mamelle et les trayons soient sujets à toute une variété de troubles. La principale maladie, la mammite (2), qui est définie comme une réaction inflammatoire du parenchyme de la glande mammaire qui peut être de nature infectieuse, traumatique ou toxique.

Il s'agit d'une maladie très répandue chez les bovins laitiers et l'une des maladies les plus importantes affectant l'industrie laitière mondiale car elle entraîne une réduction des rendements laitiers et a des effets délétères sur la composition chimique et cytologique du lait (3), tel que l'augmentation de la concentration des cellules somatiques dans le lait qui influence sur la qualité du lait.

Son apparition peut être clinique ou subclinique. Les mammites cliniques posent un problème sérieux dans les élevages laitiers mais leur dépistage visuel est facile, alors que le dépistage des infections mammaires subcliniques nécessite le recours au contrôle du taux cellulaire dans le lait, par des méthodes indirectes et/ou des méthodes directes (CCSI, TCT), étant donné qu'un diagnostic visuel ne peut pas refléter la présence de telles infections (4).

Il est reconnu que la précocité de détection des infections intra-mammaires est un facteur qui favorise une guérison rapide du fait d'une antibiothérapie plus précoce. En effet, plus on traite tôt, plus on limite l'apparition de complications. La détection précoce de l'infection nous permet d'isoler l'animal plus précocement, limitant ainsi les risques de transmission et de dissémination des germes (5).

Notre travail a pour objectif de faire une revue bibliographique concernant l'intérêt du diagnostic des mammites subcliniques, à cet effet quatre chapitres ont été développés, à savoir :

- 1)- Anatomie-physiologie de la glande mammaire bovine.
- 2)- Les infections mammaires.
- 3)-Diagnostic des mammites subcliniques.
- 4)- Traitement et prophylaxie.

CHAPITRE I :

ANATOMIE-PHYSIOLOGIE DE LA GLANDE MAMMAIRE BOVINE

1. Définition de la mamelle :

Appelée aussi (pis) qui est une glande cutanée spécialisée dont la fonction est d'assurer la production du lait, une sécrétion nécessaire à l'alimentation et à l'élevage du jeûne (6,7).

2. Anatomie de la mamelle :

2.1. Aspect externe :

La glande mammaire de la vache est composée de quatre complexes mammaires, avec une unité unique chacun, qui sont regroupés en une seule masse, la mamelle.

La mamelle est suspendue à la région inguinale par son appareil suspenseur. Elle est divisée en quartiers qui correspondent aux quatre unités, chacun portant l'une des mamelles principales avec une seule ouverture à travers le trayon (8).

Le trayon est nommé aussi papille mammaire ou tétine, dont la forme et les dimensions varient selon l'âge et l'individu. Son extrémité libre, arrondie, est percée en son centre d'un ostium papillaire unique (figure1) (6).

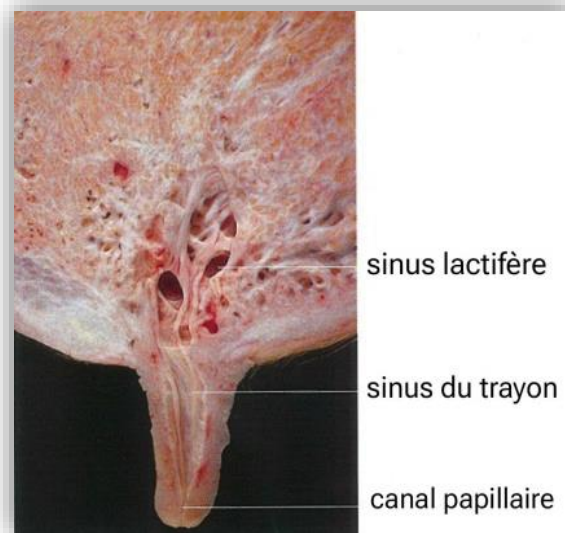


Figure 1 : Coupe sagittale d'un trayon de vache (8).

Le pis s'étend chez les bonnes laitières de la mi-distance du pubis à l'ombilic jusqu'à la partie ventrale du périnée. Il descend jusqu'au niveau de la jambe ou du jarret, de plus en plus bas quand la femelle avance en âge et effectue de multiples lactations (6).

2.1.1. La peau :

La peau qui revêt la mamelle est fine, souple, adhérente à l'enveloppe fibro-élastique, riche en glandes sudoripares et sébacées. Elle joue un rôle dans le support et la stabilisation de la mamelle (6,9).

2.1.2. L'appareil de suspension (enveloppe conjonctivo-élastique) :

Particulièrement puissant chez la vache, dont le pis est très volumineux.

De chaque côté, il forme un sac qui enveloppe toute la glande quand elle est unique, mais devient indistinct entre les glandes successives quand elles sont multiples. Il est formé de tissu conjonctivo-élastique jaunâtre, continu extérieurement avec le derme de la peau et intérieurement avec la charpente conjonctive qui soutient le parenchyme (Figure2) (6).

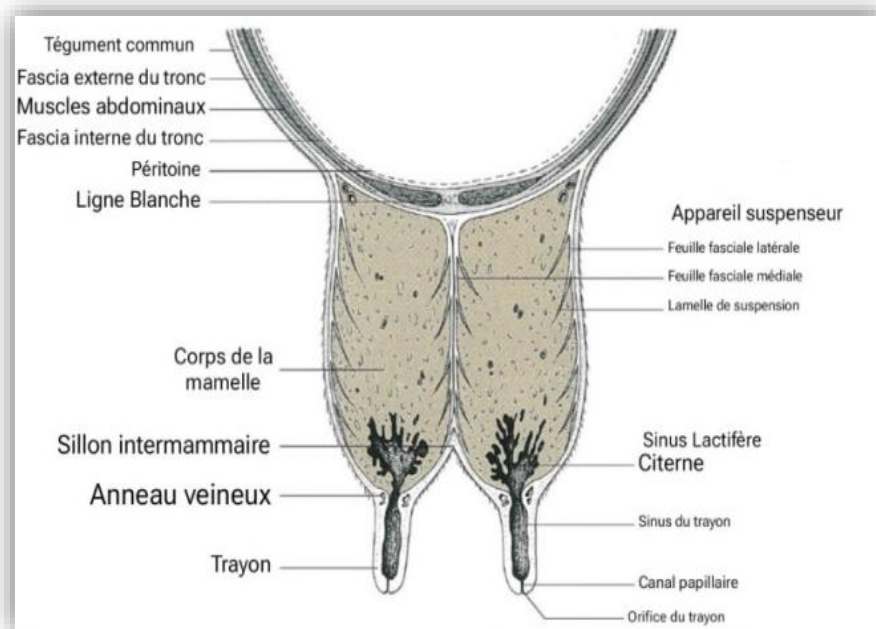


Figure 2 : Schéma de l'appareil suspenseur du pis (8).

2.2. Aspect interne :

2.2.1. Tissu glandulaire, alvéoles mammaires :

Les unités sécrétant du lait de la glande mammaire sont des petites structures appelées alvéoles. Chaque alvéole est un minuscule ensemble de cellules en forme de sac qui sécrète du lait dans un tube appelé canal alvéolaire.

Les alvéoles sont disposées comme des grappes de raisin autour des canaux alvéolaires. Les minuscules conduits alvéolaires se rejoignent pour former des conduits plus grands, qui se rejoignent pour former des conduits encore plus grands, et ainsi de suite (10).

2.2.1.1. Structure des alvéoles :

Chaque alvéole de la mamelle a la forme d'un tube irrégulièrement dilaté, pourvu de courtes ramifications ou de bosselures plus ou moins fortes. Il est bordé par un épithélium simple et cubique.

Toutefois, une couche discontinue de myo-épithéliocytes étoilés se place entre cette dernière et l'assise épithéliale glandulaire. Elle constitue un réseau délicat qui enserre dans ses mailles l'alvéole et concourt par ses contractions à en évacuer le contenu (figure3) (6).

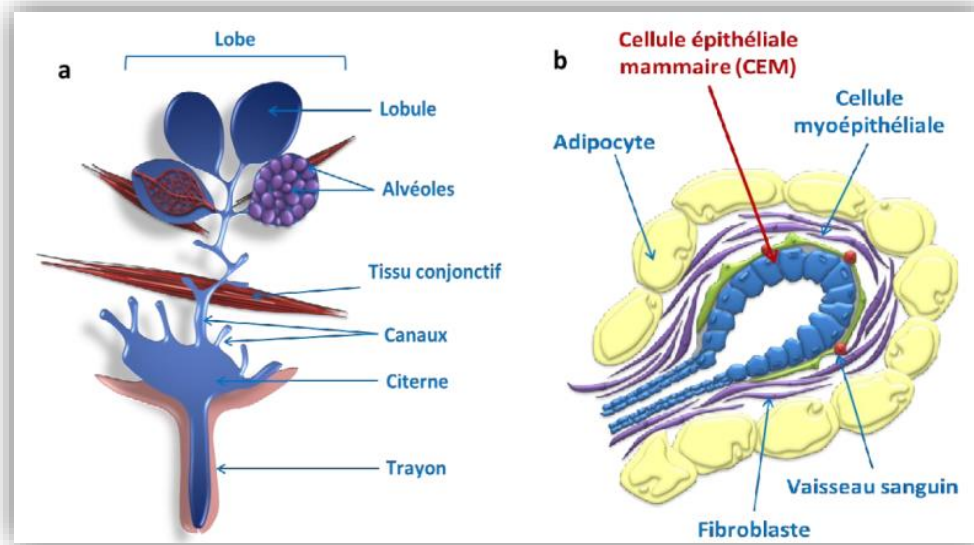


Figure 3 : Schéma structurale de la glande mammaire bovine (11).

2.2.2. Le parenchyme mammaire :

C'est le constituant principal du corps de la mamelle. Il est soutenu par une charpente conjonctive importante, continue à la périphérie avec l'appareil suspenseur de la glande et subdivisée dans la profondeur jusqu'entre les lobules, où elle se raccorde au conjonctif intra-lobulaire. Ce conjonctif est riche en fibres collagènes et élastiques et pourvu de lymphocytes et de plasmocytes, surtout abondants dans les périodes de sécrétion. Il se charge en cellules adipeuses, en particulier dans les parties dorsales de l'organe (6).

2.2.3. Vaisseaux et système lymphatique :

La vascularisation de la mamelle est dense. Elle permet d'apporter en continu tous les nutriments et hormones nécessaires à la synthèse et à l'éjection du lait et d'éliminer les déchets issus du métabolisme mammaire. L'artère pudique externe et l'artère périnéale se subdivisent en un réseau de plus en plus fin d'artérioles puis de capillaires, qui irriguent abondamment le tissu sécréteur : 500 litres de sang par kg de lait synthétisé (figure 4) (9).

2.2.3.1. Les artères :

La vache possède deux artères mammaires, une pour chacune des deux parties latérales du pis et le tégument correspondant; elles proviennent de la bifurcation des artères honteuses externes, elles-mêmes branches des artères pré pubiennes (12) .

2.2.3.2. Les veines :

Le drainage de la mamelle est effectué par les veines pudendales externes, qui mènent à travers le canal inguinal et les veines épigastriques crâniennes superficielles.

Un drainage veineux supplémentaire est obtenu par la veine labiale dorsale (veine mammaire caudale), contrairement à la veine épigastrique superficielle caudale(veine mammaire crâniale)qui s'écoule dans la veine pudendale interne (8).

2.2.3.3. Le réseau lymphatique :

Les ganglions lymphatiques inguinaux superficiels (ganglions lymphatiques mammaires) drainent la lymphe du pis et des régions voisines (vulve, clitoris et peau de la région médiale de la cuisse). Ils sont en nombre de deux situant de chaque côté de la mamelle plus précisément à la base du pis, à proximité de l'anneau inguinal superficiel. Ils ont à la fois une activité de filtre des corps étrangers et une activité de synthèse des cellules immunitaires (en particulier des lymphocytes et des macrophages).

Les vaisseaux lymphatiques mammaires ont, quant à eux, trois fonctions principales : maintenir l'équilibre osmotique dans la mamelle en drainant les fluides interstitiels vers le réseau sanguin, transporter les cellules immunitaires produites par les ganglions au contact des éléments exogènes et transporter certains éléments, comme la vitamine K et certains lipides (9,13).

2.2.4. Le tissu nerveux mammaire :

L'innervation de la mamelle est sensorielle et également autonome (sympathique).

La peau et les trayons de l'avant-train et la partie crânienne de la base de la mamelle sont innervés par le nerf ilio-hypogastrique, le nerf ilio-inguinal et la branche crâniale du nerf génito-fémoral.

La peau et les trayons de l'arrière-train sont innervés par la branche caudale du nerf génito-fémoral et la branche mammaire du nerf pudendal. Les branches crânielles et caudales du nerf génito-fémoral passent par le canal inguinal dans le corps de la mamelle.

L'innervation sensorielle des trayons et de la peau du pis est la voie afférente de l'arc réflexe neuro-hormonal, essentielle au déclenchement et au maintien de l'expulsion du lait par les glandes mammaires (14).

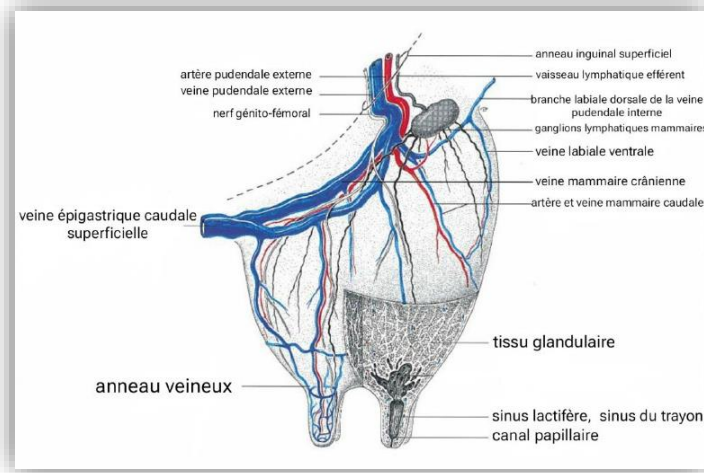


Figure 4 : Schéma d'innervation et d'approvisionnement en sang du pis bovin (8).

NB : En plus d'être soumise au contrôle nerveux, la sécrétion des glandes mammaires est influencée par les hormones de l'hypophyse et d'autres organes endocriniens (8).

3. Physiologie de la lactation :

3.1. Développement de la glande mammaire (mammogénèse) :

3.1.1. Croissance avant la gestation :

3.1.1.1. Durant la vie fœtale :

Les crêtes mammaires d'origine épidermique se fractionnent en corps mammaires primitifs. La prolifération de ces derniers entraîne la formation de bourgeons épidermiques qui après ramification se creusent en tubules et acini se réunissant au niveau du mamelon par des canaux collecteurs (15).

3.1.1.2. Croissance mammaire post-natale :

3.1.1.2.1. Avant la puberté :

A la naissance, la glande mammaire est rudimentaire. Quelques canaux sont présents et ramifiés mais ils ne communiquent pas avec la citerne et aucune structure alvéolaire n'est observable. Par contre, le tissu adipeux et le système circulatoire sont en place et on peut distinguer la forme extérieure de la mamelle.

A partir du 3^e mois après la naissance la glande mammaire débute une croissance rapide que celle des autres parties du corps. La prolifération du tissu adipeux s'accompagne d'une

croissance rapide des canaux lobulaires qui s'effectue jusqu'à la puberté (entre le 5e et le 8e mois) (16).

3.1.1.2.2. Au-delà de la puberté :

Une fois que les cycles œstraux commencent à la puberté, les glandes mammaires se préparent à produire du lait.

Un équilibre complexe d'hormones surtout antéhypophysaires sont impliquées dans le processus, directement ou indirectement. La prolactine et l'hormone de croissance favorisent directement le développement des glandes mammaires. L'hormone folliculo-stimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH) stimulent les ovaires à produire des œstrogènes et de la progestérone à chaque cycle de chaleur qui sont impliquées dans le développement des alvéoles et les systèmes de conduits des glandes mammaires. La thyroïdostimuline et l'hormone adrénocorticotrope (ACTH) influencent indirectement le processus par l'intermédiaire de leurs organes cibles (la glande thyroïde et le cortex surrénalien). Les niveaux de ces différentes hormones doivent être équilibrés précisément pour que le développement complet de la glande mammaire ait lieu (10).

3.1.2. Au cours de la gestation :

Les transformations les plus radicales auront lieu à partir de la première gestation. Dès le 5e mois de gestation, on assiste à un développement du tissu sécrétoire aux dépens de tissu conjonctif et le volume de la mamelle augmente progressivement jusqu'à deux mois après le vêlage, lorsque la production de lait est maximale.

C'est à ce moment-là que la proportion d'acini est la plus forte. Puis, au fur et à mesure de la diminution de la quantité de lait produite, la part des acini diminue tandis que celle du tissu conjonctif augmente à nouveau, sans toutefois éliminer complètement le tissu sécrétoire et les canaux galactophores. C'est à partir de ces vestiges que se développera le tissu sécrétoire de la lactation suivante (7).

3.2. La lactogénèse :

La lactogénèse consiste en une série d'événements dans le processus de différenciation par lesquels les cellules mammaires passent d'un état non sécrétoire à un état sécrétoire. Ce processus est défini, en deux étapes. La première étape consiste en une différenciation cytologique et enzymatique des cellules alvéolaires et coïncide avec une sécrétion de lait limitée avant la parturition. La deuxième étape consiste en une sécrétion abondante de

tous les produits laitiers et commence environ quatre jours avant la parturition et s'étend sur quelques jours après le part (17).

3.3. La galactopoïèse :

La galactopoïèse décrit l'ensemble des processus conduisant au maintien de la lactation au cours du temps, c'est-à-dire la stabilité du nombre de cellules épithéliales mammaires et de leur capacité de synthèse et l'efficacité du réflexe d'éjection du lait (16).

Les principales hormones impliquées sont la prolactine (PRL), l'hormone de croissance (GH, Growth hormone) et l'ocytocine qui sont sécrétées par l'axe hypothalamo-hypophysaire (9).

3.4. Tarissement

Il s'agit d'une phase physiologique transitoire en fin de lactation, caractérisée par l'involution progressive du tissu sécrétoire et l'arrêt de la traite (1).

Pendant le tarissement, la vache laitière connaît une succession de bouleversements hormonaux, morphologiques et physiologiques qui vont affecter la mamelle.

On distingue habituellement 3 phases successives :

- Une phase initiale d'involution au cours de laquelle le tissu sécrétoire se désorganise, entraînant la régression finale de la lactation.
- Une phase intermédiaire où la mamelle est complètement involuée et a cessé toute activité sécrétoire.
- Une phase finale de régénérescence du tissu sécrétoire et de redémarrage de la sécrétion qui débute avec la formation du colostrum (1).

- Pourquoi tarir ?

Classiquement, On tarit les vaches deux mois avant la mise-bas. Pendant cette période, la mamelle (au repos) a la possibilité de guérir des infections éventuelles, et surtout le tissu sécrétoire va réaliser correctement son involution.

Ceci permet une production de lait supérieure à celle qui aurait été obtenue sans tarissement (7).

CHAPITRE II :

LES INFECTIONS MAMMAIRES.

1. Qu'est-ce qu'une mammite ?

La mammite est une inflammation de la mamelle dont l'origine la plus fréquente est la pénétration d'un germe dans un quartier par le canal du trayon. On différencie la mammite clinique (entraînant une modification systématique de l'aspect du lait, avec présence ou non de signes locaux sur la mamelle et de signes généraux), de la mammite subclinique (absence de signes généraux et locaux) que l'on met en évidence grâce aux comptages cellulaires somatiques individuels (CCSI) ou à ceux du quartier (18).

2. L'étiologie d'apparition des mammites chez la vache :

Plusieurs facteurs ont été impliqués dans les infections mammaires chez la vache à savoir :

2.1. L'agent déterminant : Le germe

2.1.1. *Streptococcus agalactiae* :

C'est un agent pathogène obligatoire très contagieux de la glande mammaire dont la transmission peut se produire d'un animal à l'autre et plus couramment à travers les machines à traire, les mains, les tissus du pis et éventuellement la litière. Ce dernier peut être responsable des épisodes individuels récurrents de mammite subaiguë à aiguë (19).

2.1.2. *Streptococcus dysgalactiae* :

C'est un gram (+) présent dans le pis, sur la peau et les lésions des trayons ou les poils de la glande mammaire et se développe à la faveur de traumatismes sur les trayons ou lors de léchage/tétée entre animaux, il s'agit d'un pathogène majeur à l'origine de deux à trois pourcents des mammites subcliniques (20,21).

2.1.3. *Streptococcus uberis* :

Streptococcus uberis est considéré comme un pathogène environnemental (ubiquitaire). Il constitue une des principales causes de mammites chez les vaches tarées. La grande variété de souches présentes dans l'environnement rend peu probable qu'une grande proportion de vaches d'un troupeau soit infectée par hasard par la même souche de *S.uberis*.

Ce dernier possède la faculté de créer un réservoir dans les nœuds lymphatiques mammaires ce qui permet une persistance de l'infection et une résistance au traitement (22,23,21).

2.1.4. *Staphylococcus aureus* :

Il est souvent associé à des mammites subcliniques qui persistent et sont récurrentes, même si une antibiothérapie a eu lieu. Ce germe peut également être trouvé chez des vaches saines sur les trayons, dans les cavités nasales ou dans le rectum.

La source principale de contamination chez les vaches se fait par le biais des manchons trayeurs ou des mains du trayeur.

Parallèlement aux pertes économiques engendrées par les mammites cliniques ou subcliniques causé par cet agent, il est important de prendre en compte le danger que cela représente pour le consommateur et qui constitue un défi pour les systèmes de biosécurité(24,25).

2.1.5. *Escherichia Coli* :

C'est un colibacille appartenant à la famille des Entérobactéries (Gram-), il est peu contagieux parfois non retrouvé sur les analyses bactériologiques car il est excrété en petite quantité et par intermittence. Son habitat est constitué par le logement des animaux, il a aussi la capacité d'adhérer aux cellules épithéliales et de résider ainsi dans la lumière des canaux lactifères. Il existe des souches à réservoir mammaire qui peuvent provoqué des mammites subcliniques (18,26).

2.1.6. Les staphylocoques à coagulase négative :

Les staphylocoques à coagulase négative (gram+) ont une faible importance, ils induisent des augmentations des taux cellulaires du lait (pré leucocytose) mais rarement des infections cliniques (20).

Les staphylocoques ont coagulase négative génèrent majoritairement les mammites subcliniques, parfois aigue peuvent se déclarer (18).

2.1.7. *Actinomyces bovis* anciennement appelé (*Corynebacterium bovis*) :

Il s'agit d'un germe de traite très contagieux, pathogène mineur, dont la source est les quartiers contaminés qui contaminent alors les quartiers voisins. Son intérêt réside dans le fait que sa présence au niveau du pis pourrait augmenter la résistance à l'infection par des pathogènes majeurs tels les staphylocoques, les coliformes et le *streptocoque uberis*. Ce germe est présent sur la peau du trayon et dans le canal et la citerne ainsi que dans le lait (21,20).

2.1.8. *Pseudomonas* :

Les mammites liées aux bactéries du genre *Pseudomonas* sont majoritairement subcliniques. La contamination est progressive au niveau du matériel de traite et la contamination des vaches est consécutive à un défaut d'hygiène du matériel de traite (21).

2.2. Les facteurs favorisants :**2.2.1. Facteurs liés à l'animal :****2.2.1.1. Facteurs de sensibilité :****2.2.1.1.1. L'âge :**

Il a été démontré que la manifestation de la mammite dans les locaux infectés augmente avec l'âge des vaches, la fréquence la plus élevée étant observée chez les vaches de plus de sept ans. Cela peut être dû à des canaux de trayons plus dilatés à un âge avancé, à des lésions permanentes des tissus du pis résultant de l'infection primaire ou à une réponse cellulaire accrue à une infection intra mammaire.

Une autre raison pourrait être l'efficacité du mécanisme de défense inné de l'hôte qui rend les jeunes animaux moins sensibles à l'infection (27).

2.2.1.1.2. Le numéro (le rang) de lactation :

La fréquence des infections augmente avec le nombre de lactation des animaux. Cela sous-entend que les vaches âgées (plus de 4 lactations), probablement infectées auparavant, ne parviennent pas à développer une immunité locale efficace (20).

2.2.1.1.3. Le stade de lactation :**2.2.1.1.3.1. La lactation :**

Au début de la lactation existe un risque d'augmentation du stress oxydatif et de réduction des mécanismes de défense antioxydants ce qui favorise l'apparition des mammites(27).

2.2.1.1.3.2. Le tarissement :

Le tarissement est une période clé pour la gestion des infections mammaires, elle est particulièrement favorable à l'élimination des infections persistantes. A l'inverse, elle est propice à l'installation de nouvelles infections. Enfin, elle influence également le nombre mais aussi la gravité des infections en début de lactation suivante(20).

2.2.1.2. Facteurs de résistance :**2.2.1.2.1. Mécanismes de défense passive :****2.2.1.2.1.1. Le sphincter :**

Il maintient le trayon étanchement fermé et empêche la pénétration des bactéries (18).

2.2.1.2.1.2. La kératine :

C'est une substance maillée dérivée de la muqueuse du canal du trayon, obstrue partiellement la lumière, elle est considérée comme un composant important pour la protection contre les infections (28,29).

2.2.1.2.1.3. La rosette de Fürstenberg :

Le canal du trayon est plus ou moins obstrué par des replis de la muqueuse du canal du trayon qui s'épanouissent dans le sinus en 5 à 6 replis formant une collerette (figure 5) (20).

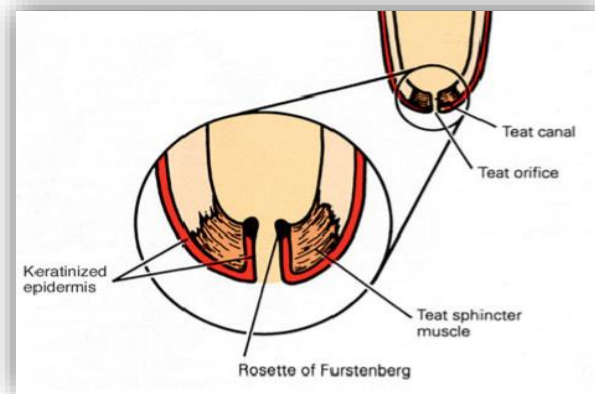


Figure 5 : Structure de la rosette de Fürstenberg (30).

2.2.1.2.2. Mécanismes de défenses actives :**2.2.1.2.2.1. La lactoferrine :**

Le fer est nécessaire à la croissance bactérienne et en particulier d'*E. Coli*. Pendant la période sèche, la lactoferrine élimine le fer des sécrétions du pis et ainsi cela minimise la multiplication bactérienne.

Les effets bactériostatiques de la lactoferrine sont perdus pendant l'allaitement parce que :

- La lactoferrine n'est présente qu'en faibles concentrations.
- Les niveaux élevés de citrate dans le lait rivalisent avec la lactoferrine pour le fer, produisant du citrate de fer. Ceci peut être utilisé par les bactéries pendant leurs processus de croissance (30).

2.2.1.2.2.2. Le système lactoperoxydase-Thiocyanate-Hydroperoxydase(H_2O_2) :

Ce système inhibe la croissance de certaines espèces de streptocoques telles que *Streptococcus agalactiae* et *Streptococcus uberis* qui produisent de l'acide lactique. Pour être efficace, les trois éléments qui composent ce système doivent être présents simultanément. La peroxydase est toujours présente dans le lait, mais la concentration en thiocyanate dépend du régime alimentaire. Certains streptocoques produisent eux-mêmes

H₂O₂ qui conduit à leur propre destruction tandis que certaines espèces telles que *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* ne sont seulement tuées que par un apport exogène d'H₂O₂. (29).

2.2.1.2.2.3. Système du complément :

Le complément est le terme général désignant une série de protéines qui, lorsqu'elles agissent ensemble, produisent un effet en cascade entraînant la destruction de certaines souches de bactéries à Gram négatif (30).

2.2.1.2.2.4. Lysozyme :

Synthétisé localement ou dérivé du sang, il détruit les bactéries en lysant le peptidoglycane de la paroi cellulaire(28).

2.2.1.2.2.5. Les immunoglobulines :

Il est peu probable que les anticorps jouent un rôle primordial dans le contrôle de la mammites, car il est bien connu que le colostrum contient des niveaux très élevés d'anticorps, et pourtant les vaches fraîchement vêlées peuvent développer une mammites suraiguë et contractent souvent une mammites sévère plusieurs jours après le vêlage. Le rôle des anticorps spécifiques contre les bactéries mammaires n'est pas clair (30).

2.2.1.2.3. La réponse cellulaire :

2.2.1.2.3.1. Les Leucocytes neutrophiles polynucléaires (PNN) :

Ils s'accumulent en réponses aux composants bactériens, aux enzymes libérées par les cellules sécrétoires endommagées et aux leucocytes et lymphokines. Ils fonctionnent en phagocytant et en tuant les bactéries(28). Ils peuvent également sécréter des substances antibactériennes. Ils sont en nombre relativement faible dans la glande mammaire en bonne santé (10% à 15% des cellules somatiques). Cependant leur nombre augmente de façon spectaculaire au cours d'une mammites pour atteindre plus d'un million par millilitre (90% des leucocytes)(18).

2.2.1.2.3.2. Les macrophages :

La plupart des leucocytes provenant des mamelles en lactation non infectées sont des macrophages, ils phagocytent les bactéries qui réussissent à franchir la barrière du trayon(18,28).

2.2.1.2.3.3. Les lymphocytes :

Ils sont capables de reconnaître des antigènes via des récepteurs spécifiques. Les lymphocytes sont divisés en deux groupes principaux, les lymphocytes T et les lymphocytes B.

Les lymphocytes T ont deux fonctions dans la mamelle :

- Ils détruisent les cellules lésées.
- Ils sont indispensables pour que les lymphocytes B puissent se différencier en cellules productrices d'anticorps.

Les lymphocytes B produisent des anticorps ou immunoglobulines (18).

2.2.2. Les facteurs liés à l'élevage :

2.2.2.1. La traite et la machine à traire :

La technique de traite et le fonctionnement de la machine à traire sont impliqués dans les mammites par deux mécanismes : les lésions du trayon et les phénomènes de reflux de lait ou phénomènes d'impact.

Le phénomène d'impact (figure 6) est dû à des entrées d'air intempestives au niveau d'un manchon trayeur, qui vont occasionner une baisse du niveau de vide dans ce manchon trayeur et un reflux du lait de ce trayon vers les autres faisceaux trayeurs où le niveau de vide est plus élevé. Ce reflux de lait peut être le vecteur de germes (31).

Dans les fermes où des machines à traire sont utilisées pour la traite, il est essentiel de conserver une pression idéale comme 50 kPa pour la plupart des machines, car une pression supplémentaire peut entraîner une traite incomplète et des lésions des tissus du trayon. Ceux-ci peuvent entraîner un risque accru de mammites. Par conséquent, il est préférable d'utiliser des machines à traire capables d'obtenir une traite complète et de réduire les risques de blessures aux trayons (27).

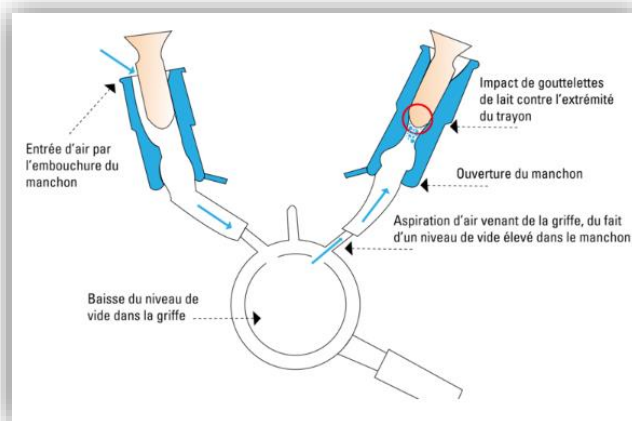


Figure 6 : phénomène d'impact (32).

2.2.2.2. L'hygiène des bâtiments d'élevage :

La vache doit disposer d'un environnement propre, sec et confortable. En dégradant les conditions d'ambiance, le bâtiment des vaches offre aux germes des possibilités de développement ; humidité élevée, température élevée, stagnation des excréments, tous ces éléments favorisent l'apparition des mammites. Des conditions de logement médiocres contribuent beaucoup à la saleté des animaux. Ces deux phénomènes conjoints augmentent les risques d'acquisition de nouvelles infections.

En outre, il faut retenir que les vaches passent 12 à 14 heures par jour couchées. Les litières doivent donc respecter la physiologie des animaux, ne pas les blesser et ne pas entraver leur relevé(2).

2.2.2.3. L'alimentation :

Lorsque la consommation alimentaire ne répond pas aux demandes de lactation, le bétail présente un bilan énergétique négatif. Un bilan énergétique négatif est associé à des carences alimentaires en oligo-éléments (sélénium, fer, cuivre, zinc, cobalt, chrome), en acides aminés (lysine, L-histidine) et en vitamines (A, C, E), β -carotène, lycopène, qui conduisent à une immunosuppression au niveau cellulaire et humoral au début de la lactation, augmentant ainsi la susceptibilité aux infections (33).

2.2.2.4. La saison :

Un plus grand pourcentage de mammites a été observé se produisant principalement pendant l'été et les mois pluvieux. La propagation bactérienne ainsi que la charge d'agents pathogènes augmentent à mesure que la chaleur et l'humidité augmentent dans l'environnement (27).

3. Classification clinique des mammites :**3.1. La mammite latente :**

Se caractérise par la présence de germes pathogènes, mais il n'y a pas de signes extérieurs ni de modification de la composition de lait. C'est la plus dangereuse, car elle peut contaminer le troupeau sans que l'éleveur ne s'en aperçoive (34).

3.2. Les mammites subcliniques :**3.2.1. Définition :**

C'est une évolution d'une mammite latente, mais elle peut aussi correspondre à une mammite clinique traitée mais dont le traitement n'a pas réussi à éliminer totalement le pathogène. La vache n'exprime toujours pas de signe clinique mais on

observe une diminution de la production laitière simultanément à une variation de la composition du lait du quartier atteint, ainsi qu'une élévation de sa numération cellulaire avec prédominance des leucocytes et principalement des polynucléaires neutrophiles.

Sans moyen d'examen complémentaire, il est alors impossible, par la seule observation du lait ou de la mamelle, de détecter si l'animal est infecté ou non (18,26,34).

3.2.2. Origine d'une mammite subclinique :

Une mammite subclinique peut être la résultante de deux phénomènes :

- D'une infection ayant entraîné une mammite clinique lors de la contamination d'un quartier et que le traitement n'a pas réussi à éliminer totalement le germe.
- De la contamination d'un quartier par un agent infectieux peu agressif et qui n'a pas occasionné de signes cliniques mais qui s'est installé durablement dans la mamelle (18).

3.3. Les mammites cliniques :

3.3.1. Définition :

Elles se caractérisent par des signes visibles d'atteinte de la mamelle (le quartier est congestionné, rouge, chaud et sensible).

Le lait est toujours modifié. Cela peut se traduire par la présence discrète de quelques grumeaux et peut aller jusqu'à une modification beaucoup plus grande, avec présence d'un liquide séro-hémorragique , voire du pus en nature (18,26).

3.3.2. Classification :

3.3.2.1. La mammite suraiguë :

On distingue deux formes de mammites suraiguës :

3.3.2.1.1. Mammite gangréneuse :

Elle est rare et souvent mortelle. Le lait ressemblera à de l'eau mélangée du sang. La mamelle virera au violet avec, au centre, la sensation de crépitements caractéristiques de la gangrène (figure 6,7).

On note, une altération intense et rapide de l'état général avec hyperthermie puis très vite une hypothermie (<37,5°C) synonyme de choc. Le pronostic devient alors très réservé, et la mort est possible en 24 à 72h (18,26).



Figure 7: Mammite staphylococcique gangreneuse aiguë, notez la décoloration bleu/noir (30).



Figure 8 : La sécrétion aqueuse brun rougeâtre, souvent mélangée à des gaz, caractéristique de la mammite gangreneuse (30).

3.3.2.1.2. Mammite paraplégique à entérobactéries ou colibacillaire :

Les infections mammaires à *Escherichia coli* peuvent présenter tous les degrés de sévérité, de la mammite subclinique à la mammite suraiguë fatale, qui dépendent principalement de l'efficacité de la réaction cellulaire : précocité, intensité, efficacité bactéricide (figure 9,10) (35).



Figure 9 :Un trayon normal en coupe transversale (30).

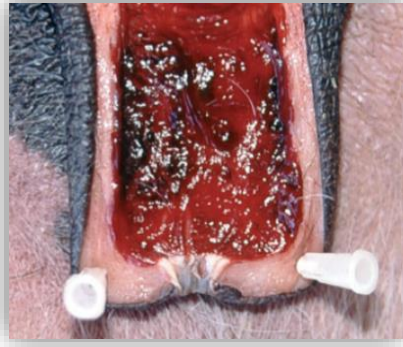


Figure 10 : Un trayon infecté par une mammité à *E. coli*. Notez l'hémorragie intense sur la paroi du trayon (30).

3.3.2.2. Mammité aiguë :

Le signe le plus évident d'une mammité aiguë est un quartier hypertrophié, induré, chaud et douloureux. Ce signe peut se manifester avant l'apparition d'altérations du lait, On note par ailleurs une hyperthermie modérée autour de 39-39,5°C (2,18).

3.3.2.3. La mammité subaiguë :

Elle se manifeste par une légère inflammation, mais aucun changement n'est visible dans le pis, il y a généralement de petits flocons ou caillots dans le lait, qui peut avoir une couleur anormale. Il n'existe aucun signe systémique de maladie (28).

3.3.2.3.1. Mammité d'été :

Forme sévère de mammité, affectant typiquement une vache ou une génisse tarie, pouvant entraîner des lésions étendues du parenchyme et la perte du quartier mammaire, impliquant généralement *Arcanobacterium pyogenes* et beaucoup d'autres organismes, et transmise par la mouche *Hydrotaea irritans* (2,35).

3.3.2.4. La mammité chronique :

Streptococcus agalactiae, *S.dysgalactiae*, *S.uberis*, *staphylocoques*, *Arcanobacterium pyogenes* et d'autres bactéries peuvent provoquer une mammité chronique, se manifestant par des grumeaux dans le lait avec ou sans changements palpables de la mamelle, Le quartier est atrophié, voire sclérosé avec présence de noyaux indurés (on parle de mamelle noueuse) (figure 11) (2,36).



Figure 11 : Mammite chronique à staphylocoques. Noter des bosses dans le pis (30).

4. Impact des mammites :

La mammite présente un intérêt considérable en raison de sa forte incidence et des coûts élevés associés à la maladie. Cela entraîne de graves pertes économiques dues à une production de lait réduite, au coût du traitement, à une main d'œuvre accrue, au refus de lait après le traitement (résidus d'ATB) et à une réforme prématurée.

Le lait issu d'une mamelle infectée se caractérise par une concentration élevée en cellules somatiques qui peut être nocif pour la santé humaine. Il contient moins de lactose, de caséine et de matières grasses ainsi qu'une quantité accrue d'enzymes qui ont un effet sur la qualité des protéines et des matières grasses du lait. La présence de ces enzymes dans le lait augmente le risque de saveurs et d'odeurs désagréables.

Ainsi, l'impact du nombre de cellules somatiques du lait cru est important sur la durée de conservation, la saveur et les rendements (notamment du fromage).

Il a été considéré comme préjudiciable à la rentabilité d'une ferme laitière, non seulement en termes de perte de production et de coûts de traitement, mais également en raison de la perte des vaches elles-mêmes. La plupart des estimations avaient montré une réduction considérable de la productivité par trimestre affecté et une nouvelle réduction de la production par vache/lactation, faisant de la maladie l'un des problèmes les plus coûteux et les plus graves affectant l'industrie laitière (30,28).

CHAPITRE III :

DIAGNOSTIC DES MAMMITES SUBCLINIQUES

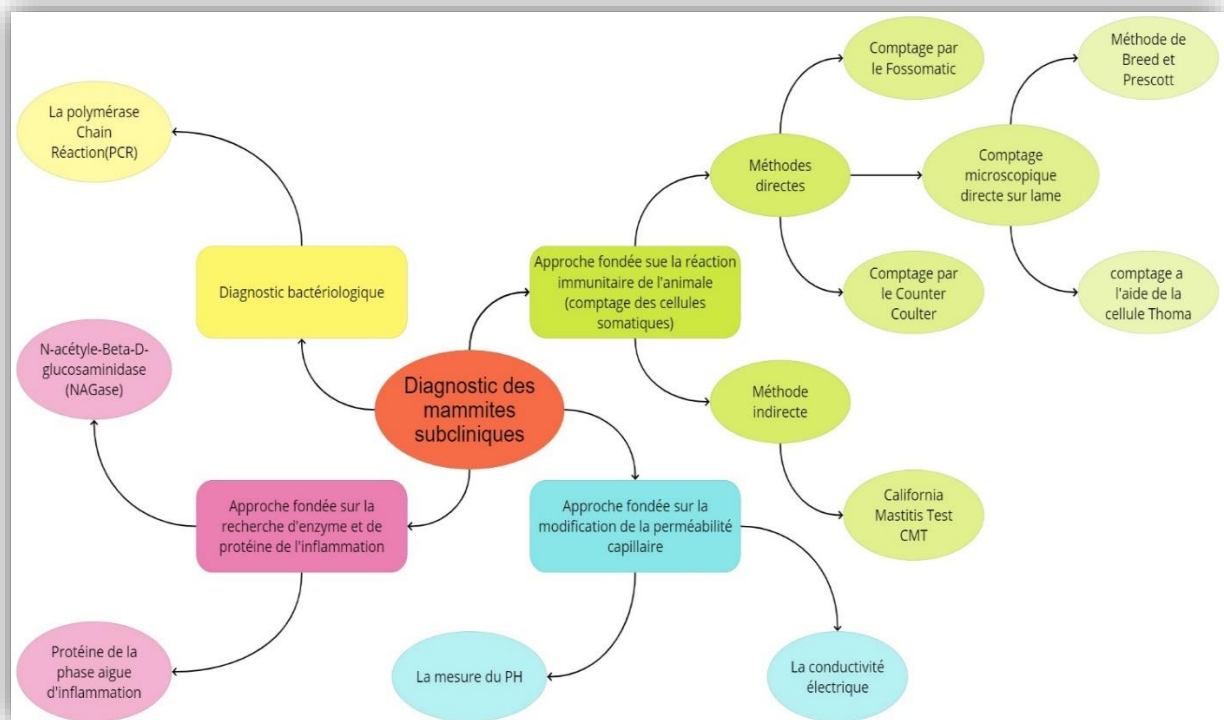


Figure 12 : Schéma conceptuel des différentes méthodes de diagnostic des mammites subcliniques évoquées dans ce chapitre (Schéma personnel).

1. Approche fondée sur la réponse immunitaire de l'animal : La concentration somatique cellulaire du lait (CCS) :

C'est la concentration des leucocytes (principalement) par millilitre de lait. Les leucocytes représentent 80 % des cellules somatiques dans les quartiers non infectés et 99 % dans les quartiers infectés. Le facteur le plus important qui provoque une augmentation du CCS est une infection intra-mammaire, et donc sa détermination systématique constitue un indicateur de santé mammaire en permettant la détection des mammites, surtout celles à caractère subclinique. Elle permet également d'évaluer les pertes économiques et enfin constitue un outil de sélection et d'amélioration génétique (37,38).

• La Concentration Cellulaire Somatique Individuelle (CCSI) :

Correspond au nombre de cellules somatiques retrouvé par millilitre de lait chez une vache donnée. 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 300 000 cellules/mL sont quant à elles considérées comme « douteuses »(26) .

- **La Concentration Cellulaire Somatique du Tank (CCST/TCT) :**

Le TCT correspond à la concentration cellulaire par millilitre d'un échantillon de lait prélevé au moins une fois par semaine directement dans le tank. Il reflète donc le taux cellulaire moyen du troupeau laitier.

Lorsque le TCT est supérieur à 200 000 cellules/mL il s'agit très probablement d'un modèle mammaire ou contagieux, par contre, si le TCT est inférieur à 200 000 cellules/mL il s'agit vraisemblablement plutôt d'un modèle environnemental (18).

1.1. Méthodes directes :

1.1.1. Comptage microscopique directe sur lame :

1.1.1.1. Définition :

Il existe deux méthodes à savoir :

1.1.1.1.1. La méthode de Breed et Prescott :

Utilise le comptage visuel au microscope d'un film de lait préalablement séché sur lame et coloré au bleu de méthylène. Cette méthode est difficile à mettre en œuvre et ne sert que de référence pour étalonner les appareils de comptage automatiques.

Cette dernière est moins précise que la méthode de la cellule Thoma, et permet de visualiser, de compter les cellules somatiques dans le lait, fournissant un indicateur précieux de la santé de la glande mammaire et de la qualité du lait (39,38).

1.1.1.1.2. Comptage des cellules somatiques à l'aide de la cellule de Thoma :

On dépose entre hématimètre et lamelle, une goutte de lait, dilué au 1/10 avec le diluant de Lazarus, puis on compte dans le quadrillage toutes les cellules somatiques. Le nombre de cellule comptée dans les 16 carreaux que constitue la cellule de Thoma correspond au nombre de cellules par microlitre de lait. Puis, on ramène le résultat obtenu en cellules par millilitre de lait (39).

1.1.1.2. Avantages et inconvénients :

Le comptage microscopique direct est une méthode de référence mais elle n'est pas automatisée et ne peut pas être appliquée à grande échelle, et elle présente de nombreuses limites. Cela prend du temps et nécessite une main-d'œuvre qualifiée et il est difficile de faire la différence entre les cellules et les particules cytoplasmiques. Pour cela, Il a été délaissé au profit du comptage électronique plus rapide réalisé sur le lait de mélange des quatre quartiers de chaque vache du troupeau, réalisé dans le cadre du contrôle laitier (prélèvements mensuels) ou dans le cadre d'un plan de prophylaxie des mammites. Par contre on l'utilise pour l'étalonnage du Fossomatic et du counter coulter (20,39–42).

1.1.2. Comptage par le Fossomatic :**1.1.2.1. Définition : Comment fonctionne le Fossomatic ? :**

Le Fossomatic (figure13) compte les cellules somatiques sur la base de la reconnaissance de l'ADN des cellules. Un mélange de lait et de solution de coloration (bromure d'éthidium) est entouré d'un liquide de gaine et passé à travers une Flow Cell. Dans la Flow Cell, les cellules somatiques colorées sont exposées à une lumière d'une longueur d'onde spécifique. Les cellules émettent alors des impulsions de lumière fluorescente à une longueur d'onde différente. Les impulsions sont comptées et affichées. La conception de la Flow Cell garantit qu'une seule cellule somatique est détectée à la fois. Une plus grande précision peut être obtenue aux limites de nivellement grâce à la fonction de configuration de précision (28).



Figure 13 : Fossomatic™ FC (43,44).

1.1.2.2. Avantages et inconvénients :

La précision du comptage des cellules somatiques par le Fossomatic et sa rapidité de quantification des échantillons de lait stockés en font une alternative appropriée pour l'évaluation centralisée en laboratoire d'un grand volume d'échantillons. D'ailleurs, Ce système permet l'analyse de 180 prélèvements par heure qui au préalable doivent être homogénéisés par agitation (45,46).

Cependant que, l'analyseur Fossomatic donne uniquement la valeur CCD (comptage cellulaire différencié) de l'échantillon, ce qui correspond au pourcentage de PNN (polynucléaires neutrophiles) et de lymphocytes dans l'échantillon, sans tenir compte des cellules épithéliales de surcroît. L'avantage de la distinction entre lymphocytes et PNN est clair, il permettrait de statuer sur la chronicité de la mammite et ainsi d'établir un pronostic sur la vache. Mais, en l'état actuel, on peut aussi considérer que la valeur CCD est plus fiable en elle-même qu'un comptage précis des PNN d'un côté et des lymphocytes de l'autre. En effet, la technique d'immunofluorescence utilisée dans le Fossomatic colore de la même couleur, en vert, les PNN et les lymphocytes. Ainsi, il existe une erreur possible de l'automate lors du comptage dans la distinction de ces deux types cellulaires (21).

Enfin, Ce système ne détecte à peu près que les cellules inflammatoires puisque les amas de caséine et les particules inertes ne fixent pas le bromure d'éthidium. Les bactéries ont un ADN plus diffus qui émet une lumière moins intense. L'appareil est calibré pour ne pas enregistrer ces signaux de plus faible intensité (46).

1.1.3. Comptage par le Counter Coulter :**1.1.3.1. Définition et principe :**

Le Counter Coulter (Figure14) totalise les impulsions électriques qui résultent du passage de particules à travers un orifice situé entre deux électrodes. Quand une particule passe par l'ouverture, la résistance entre les deux électrodes est modifiée, produisant une impulsion électrique proportionnelle au volume de la particule. L'appareil est calibré de façon à ce que les particules (bactéries, levures, particules diverses) d'un diamètre inférieur à celui des cellules (seuil de 4 à 4,5 microns) ne soient pas comptées (39).



Figure 14 : Beckman Coulter Multisizer 4e Coulter Counter (47).

1.1.3.2. Avantages et inconvénients :

L'appareil peut réaliser une centaine de mesures à l'heure (39).

Le Coulter Counter donne des résultats plus faibles que le Fossomatic ; L'inverse est vrai pour des concentrations inférieures à 500.000 cellules/mL.

La mesure du Coulter Counter est moins spécifique que celle du Fossomatic qui ne compte que les cellules dont le noyau est intact et donc néglige les poussières et particules diverses qui peuvent se mêler à l'échantillon lors de son prélèvement(46).

1.2. Méthodes indirectes : Le California mastitis test (CMT) :

1.2.1. Définition :

Le CMT ou encore appelé Schalm test est le plus pratiqué et le plus répandu. C'est un test simple qui permet d'estimer grossièrement le nombre de cellules dans un échantillon de lait. Il n'a pas la précision du comptage cellulaire, mais permet déjà de se faire une idée du statut infecté ou non des quatre quartiers de la glande mammaire (46,48).

1.2.2. Principe:

Le principe de cette technique est de détecter le changement de viscosité du lait lorsque le réactif (Teepol ou autre) est ajouté. C'est un détergent tensioactif auquel est associé un indicateur de pH coloré [(le pourpre de bromocrésol) qui vire au bleu-violet, ce qui facilite la lecture, l'intensité de la coloration est d'après le fabricant en fonction de la teneur en cellules de l'échantillon]. Il fait éclater les cellules et réagit avec leur acide désoxyribonucléique (ADN) en formant un gel dont la viscosité est d'autant plus élevée que la teneur en cellules est importante (46,28,49,50).

1.2.3. Réalisation du test:

- Éliminer les premiers jets.
- Recueillir quelques jets de chaque quartier dans le godet correspondant (Éviter de mélanger le lait de deux quartiers).
- Incliner la palette afin de ne conserver que la quantité nécessaire de lait, à savoir environs 2 millilitres (jusqu'à ce que le trait horizontal soit visible).
- Ajouter 2 mL de réactif.
- Agitez la solution par de petits mouvements circulaires du poignet, en laissant bien la palette à l'horizontale (Figure 15).
- Lire le résultat après 10 secondes selon la grille en annexe (Tableau 2).
- Il est également utile lors de la lecture d'incliner la palette pour visualiser comment le lait s'écoule (48)

La modification de phase vers la fluidification ou la floculation du lait, associée à un changement de couleur vers le jaune dans le cas de mammite sévère, est considérée comme une réaction positive du lait à ce test (51).



Figure 15 :Palette de CMT, notez la position horizontale pour réaliser les mouvements circulaires (52).

NB :

Le colostrum contient en moyenne un million de cellules par mL de lait. Il ne faut donc jamais faire de CMT sur un colostrum de vache, les faux positifs étant alors légion. Il vaut mieux attendre une semaine après le vêlage pour effectuer ce test, contrairement à ce qui est couramment pratiqué (18).

1.2.4. Interprétation des résultats :**Tableau 1:** Grille d'interprétation du test CMT (18).

Score CMT	Réaction visible	Niveau CCI	Score cellulaire	CCI moyen
Négatif	Liquide	0-200 000 c/ml	0	12 500 c/ml
			1	25 000 c/ml
			2	50 000 c/ml
			3	100 000 c/ml
			4	200 000 c/ml
Traces	Léger précipité	150-500 000 c/ml	5	400 000 c/ml
1	Précipité mais pas de gel	400 000 - 1 500 000 c/ml	6	800 000 c/ml
2	Mixture épaisse	800 000 - 5 000 000 c/ml	7	1 500 000 c/ml
			8	3 200 000 c/ml
3	Gel	>5 000 000 c/ml	9	6 400 000 c/ml

1.2.5. Avantages et inconvénients :

Il a l'avantage d'être peu coûteux, de pouvoir être réalisé par tous les éleveurs même à faible technicité dont il est facile à exécuter, à lire, et à interpréter ainsi, de fournir une image plus précise des infections en donnant des résultats immédiats quartier par quartier. Il peut également être utilisé pour vérifier, voire sélectionner les animaux à traiter au moment du tarissement. Dans la pratique, le CMT constitue donc la méthode de choix pour la détection des mammites subcliniques par l'éleveur.

Certains auteurs ont révélé que le CMT fournit une prédiction fiable de la concentration en cellules somatiques(53–55,49).

Les quelques inconvénients liés à ce test comprennent des résultats faussement positifs et faux négatifs (Lorsque le nombre de cellules est supérieur à un certain seuil, l'interprétation de la viscosité de l'échantillon est subjective et peut donner lieu à des faux positifs ou négatifs), ainsi il ne donne pas des valeurs numériques de CCS. En outre, ce dernier n'identifie pas l'agent pathogène impliqué et la gravité de l'infection, mais il permet juste de donner des résultats positifs ou négatifs pour la mammite (53,44).

2. Approche fondée sur la modification de la perméabilité capillaire :**2.1. La conductivité électrique :****2.1.1. Définition et principe de fonctionnement :**

La conductivité électrique est la propriété d'un corps ou d'une substance à transmettre le courant électrique. Elle se mesure en milli siemens par centimètre (mS/cm). Cette

propriété est majoritairement due aux ions (essentiellement chlorures, phosphates, citrates, carbonates et bicarbonates de potassium, sodium, calcium et magnésium).

La conductivité du lait d'un quartier sain est en général comprise entre 4 et 5.5 mS/cm à 25°C.

Les changements électrolytiques dans le lait sont les premiers à se produire en cas de mammite, et ce test est intéressant pour cette raison (56,19).

Lors de mammites les concentrations en lactose et en ions $[K^+]$ dans le lait diminuent alors que les concentrations en ions $[Na^+]$ et $[Cl^-]$ augmentent qui sont dues aux dommages de l'épithélium alvéolaire et les jonctions intercellulaires qui deviennent plus lâches, facilitant le passage de composants du compartiment sérique dans les alvéoles ainsi que l'altération du système de pompage ionique. Ceci a pour effet d'augmenter la conductivité du lait lors de mammite.

Plusieurs appareils portatifs permettent de mesurer de façon semi-quantitative ou quantitative la conductivité du lait (figure 16).

Une élévation de la conductivité d'une traite à l'autre permet de suspecter un nouveau cas de mammite. Ce changement de conductivité surviendrait quelques heures avant l'apparition de signes cliniques (57,50).



Figure 16 : Détecteur de mammite (conductimètre)(58).

2.1.2. Avantages et inconvénients :

La mesure de la conductivité électrique du lait constitue une technique simple et peu coûteuse de dépistage des mammites.

D'un point de vue physiopathologique, la conductivité possède un potentiel incontestable dans la détection des mammites, notamment subcliniques, trop de facteurs non infectieux peuvent intervenir et fausser les résultats. Ainsi, il est impossible de fixer un seuil de

conductivité définitif ou absolu au-delà duquel un lait pourrait être considéré comme positif et ce encore moins pour l'ensemble de la population-cible potentielle.

Une grande partie des études publiées suggère au contraire que la conductivité ne peut pas identifier un quartier malade ou une vache atteinte de mammites avec suffisamment d'exactitude par rapport aux comptages cellulaires ou au CMT (59,50).

En conclusion, la mesure de la conductivité électrique du lait est une technique peu fiable, qu'il est nécessaire de compléter par un CMT voir une CCSI. Son avantage réside dans la précocité de sa variation puisque l'augmentation de la conductivité électrique apparaît avant l'augmentation des CCSI. C'est donc un mauvais outil diagnostique des mammites mais un très bon signal d'alerte (26).

2.2. La mesure de pH :

La détermination du pH du lait est réalisée au moment de la traite avec du papier indicateur de pH (papier au bromothymol). Ce test consiste à déposer quelques gouttes de lait sur le papier indicateur, après élimination des premiers jets.

Après 15 à 20 secondes de contact, le changement de couleur du jaune vers le vert, ou le bleu a été considéré comme provenant d'une mamelle infectée (échantillon positif) (51).

Le pH du lait normal fraîchement trait varie de 6,3 à 6,7, alors qu'un pH supérieur à 6,7 indique généralement la présence d'une mammite, tandis qu'un pH inférieur à 6,2 indique une acidité accrue, ce qui est également un symptôme courant de la mammite aiguë(60) .

Il existe des testeurs électroniques du pH du lait. Une électrode spécifique au pH est placée dans un échantillon de lait, où elle produit un signal électrique proportionnel à l'acidité du lait. Ce dernier est ensuite analysé par un microprocesseur et affiché sur l'écran du testeur de Ph sous forme de valeur numérique précise (61)(figure17).



Figure 17 : Testeur de pH du lait (62).

2.2.1. Avantages et inconvénients :

L'utilisation du test du pH nous donne un moyen qui, dans 75 à 90 % des cas, permet de déterminer réellement la mammites, surtout si on l'utilise sur place et en examinant séparément le lait isolé des quatre quartiers, et si possible, plusieurs jours de suite.

Toutefois, dans quelques troupeaux, le test du pH seul ne décelait qu'une plus faible proportion des quartiers atteints, et ceux-ci n'auraient pas été reconnus atteints si on n'avait pas utilisé d'autres tests.

Une étude a montré qu'un plus grand nombre de mammites était mis en évidence avec le CMT par rapport au papier pH, même si dans les deux cas une réponse positive correspond bien à une mamelle infectée. La présence des cellules somatiques permet de mettre en évidence une infection de façon plus sensible que la modification du pH, ce qui est un point limitant (60,54).

3. Approche fondée sur la recherche d'enzymes et de protéines d'inflammation :**3.1. N-acétyl-Beta-D-glucosaminidase (NAGase):**

C'est une enzyme lysosomale libérée dans le lait à partir de cellules épithéliales mammaires endommagées et dans une moindre mesure à partir de cellules somatiques du lait.

Le lait provenant d'un pis de bovin sain contient de faibles niveaux de N-acétyl-Beta-D-glucosaminidase (NAGase), qui provient principalement du cytoplasme des cellules du tissu du pis. Les troubles de la sécrétion provoqués par la croissance de bactéries pathogènes dans la mamelle entraînent des lésions tissulaires, qui provoquent un afflux de NAGase cellulaire dans le lait sécrété.

Les niveaux de NAGase dans les laits ont été mesurés par la procédure fluorométrique utilisant le 4-méthylumbelliferyl-N-acétyl-Beta-D-glucosaminide par l'intermédiaire d'un Fluorimètre calibré par une série d'étalons, et qui vont être exprimé sous forme de lecture directe de fluorescence obtenue à partir du Fluorimètre(37,63).

3.2. Protéines de la phase aiguë d'inflammation :

Une réaction en phase aiguë provoque la libération de nombreuses protéines synthétisées par le foie. Chez les bovins, les protéines de phase aiguë les plus sensibles sont l'haptoglobine et l'amyloïde sérique A (SAA), qui présentent une augmentation substantielle de la réponse à l'inflammation aiguë, dont la concentration dans le sérum peut être multipliée par cent.

Des méthodes sont désormais disponibles pour mesurer l'haptoglobine sérique avec un test biochimique et le SAA avec un test immunologique tel que l'ELISA (64).

4. Le diagnostic bactériologique :

Le diagnostic bactériologique est utilisé en cas de mammites subcliniques pour contrôler leur origine infectieuse et l'efficacité des mesures préventives (46).

L'examen bactériologique systématique d'un échantillon de lait devrait être la base de tout diagnostic. Il permet d'établir avec précision l'espèce bactérienne impliquée (l'identification d'espèce est effectuée à l'aide des galeries standardisées API) et de déterminer une antibiothérapie ciblée lors d'échec thérapeutique, ou pour mettre en place des mesures préventives en cas de situation d'endémie dans l'élevage (26,39,57).

Les résultats ne doivent mettre en évidence qu'une seule espèce bactérienne (éventuellement deux). Au-delà, il s'agit d'une contamination du prélèvement, et l'examen bactériologique est à refaire ; d'où l'importance de travailler dans de bonnes conditions d'asepsie (26).

Environ 30 à 40 % des cultures bactériologiques du lait s'avèrent négatives. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce fait : excrétion intermittente, bactéries déjà éliminées, bactéries présentes en concentration inférieure au seuil de détection (100 CFU/mL), bactéries nécessitant un milieu de culture spécial (ex : mycoplasme), mauvaise stratégie d'échantillonnage.

Le diagnostic bactériologique individuel a plusieurs contraintes : il requiert du temps, une bonne technicité tant pour le prélèvement que pour l'examen, un esprit critique compétent pour l'interprétation et l'exploitation du résultat, il est par ailleurs coûteux (46).

Enfin, les cultures microbiologiques du lait sont un outil très important dans le diagnostic des mammites car elles permettent d'identifier l'agent pathogène à l'origine du problème, permettant ainsi un traitement spécifique. Par contre c'est une procédure coûteuse qui nécessite plusieurs jours pour produire des résultats ; il ne s'agit donc pas d'un premier choix pour le diagnostic de mammite (65).

4.1. La Polymerase Chain Reaction (PCR) :

La PCR a été utilisée comme outil de diagnostic des agents pathogènes de la mammite bovine provenant d'échantillons de lait avec une sensibilité et une spécificité plus élevée. Cette dernière est basée sur l'ADN et elle repose sur les séquences génomiques de divers agents pathogènes. Certains agents pathogènes de la mammite ne se développent pas en culture bactérienne ou sont difficiles à détecter en raison de leur taux de croissance lent.

Les tests PCR sont très populaires pour résoudre de tels problèmes en détectant rapidement l'agent pathogène avec une spécificité élevée, elle a l'avantage d'être rapide mais son utilisation comme outil de diagnostic de routine est assez coûteuse (41,57) .

5. Intérêt du diagnostic des mammites subcliniques :

Le diagnostic précoce des mammites subcliniques est primordial pour plusieurs raisons. Premièrement, ces infections sont asymptomatiques donc elles peuvent influencer négativement la qualité de lait en augmentant la concentration en cellules somatiques, ce qui peut réduire sa valeur commerciale et sa durée de conservation (18). En identifiant ces infections tôt, les vétérinaires peuvent mettre en place des mesures de traitement et de gestion appropriées pour limiter leur impact à l'échelle individuel, ainsi qu'à l'échelle du troupeau. Deuxièmement, il permet de prévenir la diffusion de l'infection à d'autres vaches, cela réduit également la nécessité d'antibiothérapie, et donc éviter les risques d'antibiorésistance(26).

Chapitre IV :

TRAITEMENT ET PROPHYLAXIE

1. Traitement des mammites :

1.1. Moment de traitement :

En général, on traite les mammites subcliniques au tarissement. Cependant, il y a des exceptions à cette règle. Les vaches infectées pendant la lactation doivent absolument être traitées au tarissement pour deux raisons principales : une meilleure guérison et un risque plus élevé de nouvelles infections pendant le tarissement (20).

1.2. Choix d'antibiotiques :

La mise en place d'une approche curative de la mammite dans un élevage doit prendre en considération divers paramètres relatifs au diagnostic (symptomatique versus étiologique, précoce ou tardif, individuel ou d'élevage), au germe (localisation au niveau des réservoirs, résistance), à l'animal (symptômes cliniques ou subcliniques), à l'antibiotique (propriétés pharmacodynamiques, pharmacocinétiques, interactions, efficacité), au moment du traitement (en lactation versus au tarissement), aux conséquences du traitement (aspects économiques, résidus, bonnes pratiques vétérinaires)(20). L'idéale est de réaliser une bactériologie puis un antibiogramme pour assurer une antibiothérapie ciblée (26).

1.3. Voies d'administration :

1.3.1. La voie galactophore

C'est la voie la plus justifiée en l'absence de symptômes généraux et particulièrement vis-à-vis d'infections qui restent localisées à la surface des cavités mammaires ou dans la sécrétion, comme la plupart des infections à streptocoques et une partie de celles dues au staphylocoque doré.

Elle permet d'atteindre des concentrations élevées d'antibiotiques dans la sécrétion mammaire avec des doses nettement plus faibles que celles qui auraient été nécessaires par la voie parentérale (Tableau 2) (20,1).

1.3.2. Voie générale

La voie générale ne se justifie qu'en cas de mammites suraiguës pour lesquelles la septicémie est à craindre. Elle doit se doubler d'un traitement local, sauf dans le cas d'utilisation de macrolides qui peuvent se suffire à eux-mêmes.

Comme les traitements par voie générale font de plus courir un risque de développement d'antibiorésistance beaucoup plus élevé que les traitements par voie intra-mammaire, leur utilisation au tarissement est généralement déconseillée (Tableau 2) (20,1).

Tableau 2: Voie d'administration des antibiotiques mammaires: avantages et inconvénients (18).

	Avantages	Inconvénients
Voie locale	-Moindre consommation d'antibiotiques. -Risque moindre de sélection de résistance. -Administration peu douloureuse. -Concentration d'antibiotique dans le lait élevé. -Cout de traitement moindre.	-Obstacles (caillots, congestion mammaire) à la diffusion du produit. -Risque de la contamination lors de la réalisation de l'injection intra-mammaire. -Traites répétées qui limitent la diffusion du produit dans la mamelle.
Voie générale	-Atteinte de l'ensemble de la mamelle. -Effets possibles sur des infections (cliniques ou subcliniques) localisées aux autres quartiers. -voie essentielle si risque de généralisation de l'infection à l'ensemble de l'organisme.	-Choix limite aux molécules a bonne diffusion mammaire. -risque plus enlevé de sélection de résistance (en particulier de la flore digestive). -Cout supérieur. -Administration plus douloureuse.

2. Traitement de la mammite subclinique :

2.1. Traitement au tarissement :

Le moment le plus efficace pour traiter les infections intra-mammaires subcliniques est le tarissement. Puisque la vache n'est plus traite, il est possible d'utiliser des produits rémanents qui maintiennent des concentrations élevées d'antibiotiques dans la mamelle pendant plusieurs semaines (19,35).

2.1.1. L'obturation systématique des trayons à but préventif associée à une antibiothérapie sélective à but curatif administrée aux vaches suspectes d'être infectées.

L'objectif est de combiner des injecteurs de tarissement contenant des antibiotiques ciblés sur une infection préexistante avec un obturateur interne dont le rôle est d'éviter une nouvelle infection après résolution de l'ancienne (18).

Il existe 2 types d'obturation des trayons :

2.1.1.1. Obturation externe :

L'obturation externe fait appel à des produits appliqués par trempage .Il est conseillé d'appliquer ce type d'obturateur au moment du tarissement, puis une dizaine de jours avant le vêlage, pour couvrir les deux périodes où les risques de nouvelles infections sont les plus élevés (1).

2.1.1.2. Obturation interne :

Elle est réalisée par l'injection à travers le canal du trayon d'une pommade inerte et dense qui forme un bouchon à la base du sinus du trayon s'opposant à la pénétration des bactéries (1).

2.1.2. Antibiothérapie systématique à but préventif et curatif :**2.1.2.1. Sélection des vaches à traiter lors du tarissement :**

En suivant ce principe d'antibiothérapie systématique au tarissement, il est nécessaire de pratiquer une différenciation des vaches laitières en deux catégories : celles qui recevront uniquement un traitement préventif et celles qui recevront un traitement curatif.

Ainsi, si les CCSI des trois derniers mois sont inférieurs à 200 000 cellules/mL, on peut se contenter d'un traitement préventif.

A l'inverse, si ne serait-ce qu'une CCSI est supérieure à 200 000 cellules/mL sur les trois derniers mois, ou si la vache a subi au moins deux mammites cliniques pendant sa lactation, il faudra employer un traitement curatif.

Si la vache présente toujours un niveau cellulaire élevé au-delà d'une semaine après vêlage, la vache est considérée comme « incurable » : assécher définitivement le quartier ou réformer la vache seront les seules issues (18,66).

NB :Le traitement des mammites subcliniques en lactation n'est pas recommandé puisque la traite élimine une grande partie de l'antibiotique présent dans la mamelle alors que, s'il est administré au moment du tarissement, l'involution de la glande pourrait, au contraire, avoir un effet de concentration (36).

3. Traitement des mammites chroniques :

Dans les mammites chroniques, un traitement antibiotique parentéral et intra mammaire peut être utilisé pendant 3 à 5 jours en association avec des produits anti-inflammatoires, mais les perspectives restent décevantes. Par conséquent, il est généralement nécessaire d'abattre la vache ou de détruire le quartier affecté en lui infusant de l'éther concentré afin

d'éliminer une source potentielle importante d'infection bactérienne pour les quartiers sains (27).

4. Prophylaxie des mammites :

4.1. Prophylaxie médicale :

4.1.1. Vaccinothérapie :

La vaccination des vaches et génisses saines d'un troupeau a pour but de stimuler l'immunité adaptative vis-à-vis de certains germes, notamment *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*. Elle permet d'améliorer la réaction de défense pour réduire la gravité de la mammite.

En effet, le manque d'efficacité des vaccins pourrait être dû à la nature multi-étiologique de la mammite bovine. De ce fait, quel que soit le type de vaccin, la vaccination seule n'est pas efficace pour prévenir la mammite, et elle doit être associée à d'autres procédures de contrôle (67,33).

4.1.2. Scellant à trayon :

L'utilisation de scellant à trayon externe et interne peut protéger la glande mammaire contre les nouvelles infections intra-mammaires durant la période de tarissement (68).

4.2. Prophylaxie sanitaire :

4.2.1. Diagnostic continu à l'échelle du troupeau :

Cette mesure trouve son importance lorsqu'elle est effectuée régulièrement permettant, d'une part, une détection précoce des vaches atteintes, et d'autre part, justifiant une élimination précoce des infectées incurables. Ce diagnostic visera notamment l'identification et l'élimination des facteurs de risques des mammites dans l'élevage, au comptage des cellules somatiques du troupeau, et à la protection de la santé du pis (contre les traumatismes et blessures) (33).

4.2.2. Hygiène de traite :

C'est une chose très nécessaire, pour celui qui s'occupe du développement de la traite mécanique, que de s'intéresser à la question des mammites et à l'hygiène de l'étable en général. Avec une traite hermétique, une machine bien soignée, on peut obtenir un lait de toute première qualité ; mais par contre, il est clair que si le nettoyage de la machine est négligé, c'est le principe même de la traite mécanique qui est visé, et c'est cette traite que l'on blâme au sujet de la mauvaise qualité du lait recueilli (69).

L'optimisation de la conduite d'élevage vise à réduire l'exposition des mamelles aux germes environnementaux pour améliorer la santé du troupeau. Cela implique des mesures telles que le nettoyage des trayons avant et après la traite, l'utilisation de gants et le nettoyage régulier des installations de traite. Des pratiques comme l'alimentation post-traite et l'utilisation d'un obturateur du trayon pendant la période sèche sont également recommandées pour prévenir les infections. De plus, l'élimination des animaux atteints de mammite chronique est courante pour maintenir la santé globale du troupeau (70).

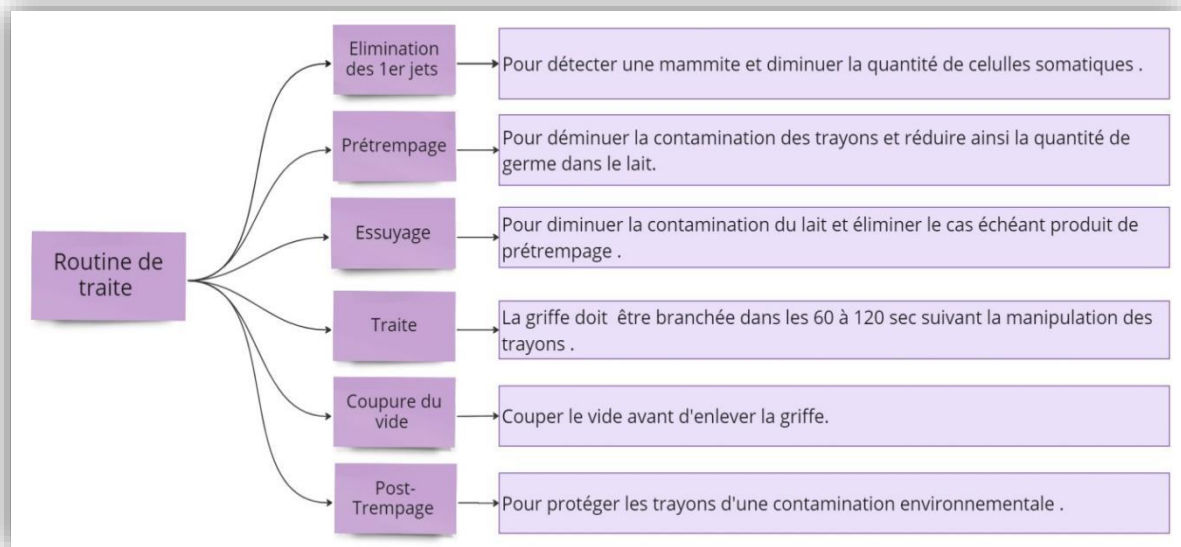


Figure 18 : Schéma Conceptuel de la routine de traite(71).

4.2.3. Logement :

Les vaches logées dans des logettes non entravées ont une incidence légèrement plus faible de mammites que celles attachées ou en stabulation libre. Peu importe le système, la propreté de l'environnement est cruciale pour réduire le risque de mammites. Des conditions telles que parcs sales, eau stagnante, surpeuplement et lisier sur les pâturages augmentent ce risque. Une litière abondante en paille est recommandée pour éviter les blessures, limiter le contact avec le fumier et le sol froid. Il est important d'éviter les planchers glissants, d'utiliser des séparateurs entre les vaches et de désinfecter l'étable régulièrement pour prévenir les mammites (72).

Pour les vaches gestantes, il est essentiel d'avoir des enclos sans stress, avec de l'eau et de la nourriture à volonté, et sans mouches ni insectes. Une bonne ventilation dans la zone de repos des vaches en lactation maintient la litière sèche, favorisant ainsi une bonne santé mammaire. Une ventilation adéquate par temps chaud peut également augmenter la

production laitière en encourageant les vaches à consommer plus de nourriture grâce au mouvement de l'air dans la zone d'alimentation (28).

4.2.4. Alimentation :

Une alimentation équilibrée est essentielle pour renforcer la résistance mammaire aux infections. Certains nutriments influencent les mécanismes de défense de la mamelle, tels que la fonction des globules blancs, le transport des anticorps et l'intégrité des tissus mammaires.

La vitamine E et le sélénium sont des antioxydants efficaces, mais souvent insuffisants dans l'alimentation des vaches en période de tarissement et péripartum. Ils agissent ensemble pour réduire la prévalence des mammites, la gravité et la durée de l'inflammation mammaire.

Le cuivre possède des propriétés antioxydantes et peut aider à réduire la contamination mammaire.

Le zinc est important pour maintenir les barrières épithéliales contre les infections.

La vitamine A et le β -carotène contribuent à la santé des muqueuses et ont également des effets antioxydants(73,25).

Conclusion :

La mammite subclinique est une infection asymptomatique de la mamelle, représente un défi majeur pour l'industrie laitière, affectant la santé des vaches et la qualité du lait. Son diagnostic précoce et précis est crucial pour en limiter les impacts négatifs. Il permet d'identifier les vaches infectées, de mettre en place des traitements ciblés et de limiter les impacts négatifs sur la santé des animaux, la production laitière et la qualité du lait.

De nombreuses études confirment l'intérêt du diagnostic des mammites subcliniques :

- Certaines études ont démontré que le diagnostic et le traitement précoces des mammites subcliniques permettent d'améliorer significativement la production laitière des vaches (74).
- D'autres ont mis en évidence une association positive entre le diagnostic régulier des mammites subcliniques et la réduction des coûts de traitement (75).
- Il a été montré également que le diagnostic des mammites subcliniques permet d'améliorer la qualité du lait en réduisant le nombre de cellules somatiques(76).
- Certains auteurs ont conclu que le diagnostic et le contrôle des mammites subcliniques sont essentiels pour le bien-être des vaches et la durabilité des élevages laitiers (77).

Il existe de nombreuses méthodes de diagnostic, chacune avec ses propres avantages et inconvénients :

Tests au CMT (California Mastitis Test) : Ce test simple et rapide permet de détecter la présence de leucocytes dans le lait, un indicateur d'inflammation. Il est peu coûteux et facile à réaliser, mais il manque de sensibilité et de spécificité (38).

Comptage des cellules somatiques (CCS) : Cette méthode consiste à mesurer le nombre de cellules somatiques dans le lait. Un nombre élevé de cellules somatiques est un signe d'infection. Le CCS est une méthode plus précise que le CMT, mais elle est plus coûteuse et plus longue à réaliser(38).

Culture bactérienne du lait : Cette méthode permet d'identifier l'agent pathogène responsable de l'infection. Elle est la méthode la plus précise, mais elle est également la plus coûteuse et la plus longue à réaliser.

Le choix de la méthode de diagnostic la plus appropriée dépend de plusieurs facteurs, tels que la taille du troupeau, le budget disponible, l'expertise de l'éleveur et les objectifs du diagnostic. Il est souvent recommandé d'utiliser une combinaison de plusieurs méthodes pour obtenir une évaluation complète de l'état sanitaire du troupeau.

En conclusion, le diagnostic des mammites subcliniques s'avère être un outil indispensable pour la gestion efficace des élevages laitiers. Il permet d'améliorer la santé et le bien-être des vaches, d'optimiser la production laitière, de garantir la qualité du lait et de réduire les coûts de production. Il s'agit donc d'une pratique essentielle pour assurer la durabilité et la rentabilité de l'industrie laitière. Le choix de la méthode de diagnostic la plus appropriée doit être fait en fonction des besoins spécifiques de chaque exploitation.

Recommandations :

Au terme de cette synthèse bibliographique nous recommandons :

A sensibiliser les éleveurs du danger des mammites et leur impact sur la production laitière et les performances zootechniques des vaches.

A améliorer les conditions et la conduite d'élevage :

- Qualité du couchage (surface et paille suffisante), avec une ventilation et une luminosité convenable du bâtiment.
- Maintenir les trayons en bonne état.
- Hygiène et technique de traite
- Alimentation équilibrée (optimiser la résistance des vaches) :
 - Éviter les excès azotés.
 - Éviter les déficits énergétiques (animaux plus sensibles aux maladies...).
 - Éviter les excès de potassium, sodium et énergie avant la mise-bas (risque œdèmes mammaires).
 - Apports suffisants en vitamine E et sélénium.

Dépistage précoce et systématique par les méthodes de la numération cellulaire au niveau de chaque exploitation laitière.

- Privilégier le CMT comme méthode pratique pour sa faisabilité sur le terrain algérien, son coût, sa rapidité(1 passage trimestriel)(49) ;
- Si le test CMT est positif (taux cellulaire élevé), effectuer un diagnostic bactériologique afin d'identifier le/les germe(s) en cause pour établir un protocole thérapeutique adéquat au tarissement.
- Réforme des vaches incurables.
- Optimiser la santé mammaire des génisses

La formation continue, la vulgarisation et la sensibilisation sur l'hygiène et la technique de traite est plus que nécessaire.

Références bibliographiques :

1. Sérieys F. Le tarissement des vaches laitières: une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau. France Agricole Editions; 1997. 228 p.
2. Blowey RW, Weaver AD. Guide pratique de médecine bovine. Med'com. Paris: Éd. Med'com; 2006.
3. Fagiolo A, Lai O. Mastitis in buffalo. Italian Journal of Animal Science. janv 2007;6(sup2):200-6.
4. M'Sadak Y, Mighri L, Kraiem K. Etude des numérations cellulaires du lait et analyse descriptive des facteurs de risque des mammites en élevage bovin hors sol dans la région de Monastir (Tunisie). B. 2014;
5. Milner P, Page KL, Hillerton JE. The Effects of Early Antibiotic Treatment Following Diagnosis of Mastitis Detected by a Change in the Electrical Conductivity of Milk. Journal of Dairy Science. mai 1997;80(5):859-63.
6. Robert Barone. Anatomie comparée des mammifères domestiques .Tome 4 splanchnologie II. Editions Vigot. Paris; 2001.
7. Cauty I, Perreau JM. La conduite du troupeau bovin laitier. France Agricole Editions; 2009. 338 p.
8. König HE, Liebich HG. Veterinary anatomy of domestic mammals: textbook and colour atlas. Stuttgart New York: Schattauer; 2004.
9. Charton C. Caractérisation de l'adaptation de la glande mammaire des vaches laitières à l'allongement de l'intervalle entre traites [Mémoire]. Agrocampus Ouest; 2017.
10. Colville TP, Bassert JM. Clinical Anatomy and Physiology for Veterinary Technicians.
11. Florence Dufreneix. Caractérisation des cellules épithéliales mammaires chez la vache laitière | Semantic Scholar [Internet]. 2015 [cité 2 déc 2023]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01252765/document>
12. Tagand R. Anatomie des vaisseaux mammaires. Lait. 1932;12(119):881-93.
13. Mansour M, Wilhite DR, Rowe J. Guide to ruminant anatomy: dissection & clinical aspects. Chichester, West Sussex ; Ames, Iowa: John Wiley & Sons Inc; 2018. 1 p.
14. Klaus-Dieter Budras. Bovine anatomy: an illustrated text. Hannovre: Schlütersche; 2003.
15. Hanzen CH. Lait et production laitière. 2010; Disponible sur: http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200910/R20_Glde_mamm_production_2010.

16. Jammes H, Djiane J. Le développement de la glande mammaire et son contrôle hormonal dans l'espèce bovine. INRA Prod Anim. 12 déc 1988;1(5):299-310.
17. Tucker HA. Physiological Control of Mammary Growth, Lactogenesis, and Lactation. Journal of Dairy Science. juin 1981;64(6):1403-21.
18. Rémy D. Les mammites. France Agricole Editions; 2010. 262 p.
19. Diseases of the Mammary Gland. In: Veterinary Medicine. Elsevier; 2017. p. 1904-2001.
20. Hanzen C. Physio-anatomie et propédeutique de la glande mammaire Symptomatologie, étiologie et thérapeutiques. Approches individuelles et de troupeau des mammites. Université de Liège Faculté de médecine vétérinaire. 2015;3-6.
21. BLONDEAU Guillaume. Année 2023 - Thèse n° 041 LE COMPTAGE CELLULAIRE DIFFERENCIE : ETAT DES LIEUX ET UTILISATION DANS LA GESTION DES MAMMITES SUBCLINIQUES - Google Search [Internet]. Université de Lyon.
22. Zadoks RN, Allore HG, Barkema HW, Sampimon OC, Gröhn YT, Schukken YH. Analysis of an Outbreak of *Streptococcus uberis* Mastitis. Journal of Dairy Science. 1 mars 2001;84(3):590-9.
23. Hogeveen H, éditeur. Mastitis in dairy production: current knowledge and future solutions. Wageningen: Wageningen Academic Publ; 2005. 744 p.
24. Modestus B. Quel est l'impact sanitaire des mammites bovines à *Staphylococcus aureus* en Afrique subsaharienne? Comment minimiser celui-ci? 2022.
25. De Vliegher S, Fox LK, Piepers S, McDougall S, Barkema HW. *Invited review*: Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control. Journal of Dairy Science. 1 mars 2012;95(3):1025-40.
26. Rattez C. Les mammites subcliniques en élevage bovin laitier : antibiothérapie et alternatives [Mémoire]. 2017.
27. Mk H. Bovine Mastitis and Its Therapeutic Strategy Doing Antibiotic Sensitivity Test. Austin J Vet Sci & Anim Husb. 10 mars 2017;4(1).
28. Srivastava A, Kumaresan A, Ayyasamy M, Prasad S. Mastitis in dairy animals: An update. Azadpur, Delhi: Satish Serial Publishing House; 2014. 403p p.
29. Poutrel B. LA SENSIBILITÉ AUX MAMMITES : REVUE DES FACTEURS LIÉS A LA VACHE'. Annales de Recherches Vétérinaires. 1983;14(1):89-104.
30. Blowey RW, Edmondson P. Mastitis control in dairy herds. 2nd ed. Cambridge, Mass.: CABI; 2010.
31. Ph N. Suivi de comptages cellulaires et d'examens bactériologiques lors de mammites cliniques chez la vache laitière[Mémoire]. Thèse Vétérinaire Lyon, France; 2006.

32. Pourquoi changer vos manchons trayeurs ? [Internet]. [cité 11 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.eleveursdedemain.fr/detail-actualites/cellules-mammmites/pourquoi-changer-vos-manchons-trayeurs.html>

33. Cheng WN, Han SG. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 1 nov 2020;33(11):1699-713.

34. Dudouet C. La production des bovins allaitants. 4e éd. Paris: Éditions France agricole; 2014. (Agriproduction).

35. Institut Technique de l'Elevage IT de l'Elevage. Maladies des bovins. Editions France Agricole; 1991. 319 p.

36. Khaldi F. Etude de certains facteurs de risque des mammmites bovines dans quelques élevages de la région de Tiaret.[Mémoire]. Université Ibn Khaldoun -Tiaret-; 2016.

37. Adkins PRF, Middleton JR. Methods for Diagnosing Mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* nov 2018;34(3):479-91.

38. Kebbal S, Gharbi I, Guemra S, Hanzen C, Guetarni D. Validation d'une méthode de dénombrement de la concentration en cellules somatiques du lait de vache au moyen du Coulter Counter® modèle Z2. *Annales de Médecine Vétérinaire.* 2008;152(4).

39. Abdelhafid G, R O. Etude cinétique des cellules somatiques dans le lait des vaches atteintes de mammmites et de vaches saines. [Mémoire]. Université Frères MENTOURI-Constantine1; 2005 .

40. Seegers H, Fourichon C, Beaudeau F. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet Res.* sept 2003;34(5):475-91.

41. Ashraf A, Imran M. Diagnosis of bovine mastitis: from laboratory to farm. *Trop Anim Health Prod.* août 2018;50(6):1193-202.

42. Bouaziz O, Smati F. Contribution à l'étude des infections intramammaires de la vache laitière dans l'Est algériens[Mémoire]. 2005.

43. Catalogue FOSS FRANCE SA. Disponible sur: <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://cdn.filestackcontent.com/LB2Mhm4uS1aAkysBZSeY&tbnid=nv522QodS6SonM&vet=1&imgrefurl=https://fossfrance.catalogueformpro.com/&docid=-e4qH5MTQ2gCiM&w=1239&h=696&itg=1&hl=fr-DZ&source=sh/x/im/can/1&kgs=e53720a8df952db0&shem=abme,ssic,trie&sfr=vfe>

44. Fossomatic™ FC Somatic cell counting for raw milk testing. Disponible sur: <https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image:///1bebf6697a27278c71308c3a11a94ece31dbb6f37e4b1decdf39adc39aa86fe7&tbnid=jCcnemn26xsosM&vet=1&imgrefurl=https://tekafofos.com.tr/assets/katalog/foss/foss-fossomatic.pdf&docid=s-BGhlc7wmdhOM&w=1572&h=955&itg=1&hl=fr->

45. Heald CW, Jones GM, Nickerson SC, Patterson WN, Vinson WE. Preliminary Evaluation of the Fossomatic Somatic Cell Counter for Analysis of Individual Cow Samples in a Central Testing Laboratory¹. *Journal of Food Protection*. 1 août 1977;40(8):523-6.
46. Hanzen C. Propédeutique de la glande mammaire, sémiologie et diagnostic individuel et de troupeau. Liège, Belgique, Université de Liège. 2009;5-28.
47. Beckman Coulter Multisizer 4e Coulter Counter. Disponible sur: <https://www.indiamart.com/proddetail/beckman-coulter-multisizer-4e-coulter-counter-22607289948.html>
48. Boudry B. Traire un lait de qualité: une attention de tous les jours. Qualité du lait et gestion du troupeau, Journée d'étude des AREDB d'Aubel, de Herve-Fléron-Visé et de Montzen et de la Région Wallonne, Direction du Développement et de la Vulgarisation. 2005;
49. M'SADAK Y, MAKHLOUF M, OMRANE HB. Étude sanitaire mammaire et pertes laitières conséquentes en élevage bovin hors sol dans la région de Monastir (Sahel Tunisien). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 2014;2(1):37-43.
50. Jacquinet S. Évaluation du dépistage des mammites par la conductivité électrique du lait.[Mémoire]. 2009.
51. Rakotozandrindrainy R, Razafindrajaona JM. Diagnostic rapide à la ferme des mammites subcliniques des vaches laitières du triangle laitier des hautes terres de Madagascar. *Revue Méd Vét*. 2007;
52. Définir les types de mammite - Farmed Animal Antimicrobial ... Disponible sur: <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.amstewardship.ca/wp-content/uploads/2019/10/Paddle.jpg&tbnid=ARNZ6rc1gRBv3M&vet=1&imgrefurl=https://www.amstewardship.ca/fr/faast-reviews/dairy-industry/definir-les-types-de-mammite/&docid=o7l6mobNJe07DM&w=575&h=383&hl=fr-DZ&source=sh/x/im/can/1&kgs=001c5cb70c791146&shem=abme,ssim,trie,xga1pt2&sfr=vfe>
53. Asnoune ZB, Butel MJ, Ouzrout R. Prévalence des principales bactéries responsables de mammites subcliniques des vaches laitières au nord-est de l'Algérie. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 2012;65(1-2):5-9.
54. Rakotozandrindrainy R, Razafindrajaona JM, Foucras G. Diagnostic rapide à la ferme des mammites subcliniques des vaches laitières du triangle laitier des hautes terres de Madagascar. *Revue de médecine vétérinaire*. 2007;158(2):100.
55. Blowey RW. The veterinary book for dairy farmers. 4th edition. Sheffield, UK: 5M Publishing; 2016. 544 p.

56. Duarte CM, Freitas PP, Bexiga R. Technological advances in bovine mastitis diagnosis: an overview. J VET Diagn Invest. nov 2015;27(6):665-72.

57. Francoz D, Couture Y. Manuel de médecine des bovins. Paris: Éditions Med'com; 2014.

58. Detecteur-de-Mammite MD4X4Q2. Disponible sur:

[https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.draminski.fr/wp-content/uploads/2020/03/md4x4-11_pl-](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.draminski.fr/wp-content/uploads/2020/03/md4x4-11_pl-1.jpg&tbnid=PtKltAY2q9I3gM&vet=1&imgrefurl=https://www.draminski.fr/agri/detecteurs-de-mammite/draminski-detecteur-de-mammite4x4q/&docid=qzGWgRGR92faRM&w=1800&h=1392&source=sh/x/im/can/1&kgs=e0f99ebffcd513d6&shem=abme,ssic,trie&sfr=vfe)

[1.jpg&tbnid=PtKltAY2q9I3gM&vet=1&imgrefurl=https://www.draminski.fr/agri/detecteurs-de-mammite/draminski-detecteur-de-mammite4x4q/&docid=qzGWgRGR92faRM&w=1800&h=1392&source=sh/x/im/can/1&kgs=e0f99ebffcd513d6&shem=abme,ssic,trie&sfr=vfe](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.draminski.fr/wp-content/uploads/2020/03/md4x4-11_pl-1.jpg&tbnid=PtKltAY2q9I3gM&vet=1&imgrefurl=https://www.draminski.fr/agri/detecteurs-de-mammite/draminski-detecteur-de-mammite4x4q/&docid=qzGWgRGR92faRM&w=1800&h=1392&source=sh/x/im/can/1&kgs=e0f99ebffcd513d6&shem=abme,ssic,trie&sfr=vfe)

59. Youssef MIR, SADKI I. Évaluation de la conductivité électrique du lait comme moyen de détection précoce des mammites bovines dans différentes fermes au sud du Maroc. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. 2018;6(3):308-13.

60. Rosell JM. Quelques conclusions pratiques tirées de huit ans d'étude de la mammite en Europe et en Amérique du Nord. Lait. 1934;14(139):914-24.

61. pH mètre : Principe, Composants et Comment Calibrer [Internet]. [cité 25 juin 2024]. Disponible sur: <https://microbiologie-clinique.com/ph-metre.html>

62. Testeur de pH pour le lait HI981034 | Biotechnologie | Geneq [Internet]. [cité 19 juin 2024]. Disponible sur: <https://geneq.com/biotechnology/fr/produit/hanna-instruments/testeur-de-ph-pour-le-lait-11948>

63. Kitchen BJ, Kwee WS, Middleton G, Andrews RJ. Relationship between the level of *N*-acetyl- β -D-glucosaminidase (NAGase) in bovine milk and the presence of mastitis pathogens. Journal of Dairy Research. févr 1984;51(1):11-6.

64. Satu PYÖRÄLÄ. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. Vet Res. sept 2003;34(5):565-78.

65. Lam TJGM, éditeur. Mastitis control: From science to practice: Proceedings of international conference 30 september - 2 October 2008 The Hague, the Netherlands. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers; 2008.

66. Institut de l'Élevage [Internet]. 2023 [cité 22 mars 2024]. Optimiser ses pratiques pour des vaches laitières en bonne santé. Disponible sur: <https://idele.fr/detail-article/optimiser-ses-pratiques-pour-des-vaches-laitieres-en-bonne-sante>

67. Heinen J, Vété U de L> M méd. Le tarissement sélectif des vaches laitières : comment procéder en Belgique? 1 juill 2020;

68. DESCOTEAUX L, Roy JP. La mammite clinique: stratégies d'intervention. In: Symposium sur les bovins laitiers. 2004.

69. Orre B. Les mammites et la traite mécanique. Lait. 1933;13(124):444-52.

70. Bouvier-Muller J. Etude des interactions entre la prédisposition aux mammites et le statut énergétique en début de lactation[Mémoire]. Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT; 2017.

71. Hanzen Ch. Conf Tikjda Mai 2024 gestion santé mammaire 2024 003 28 (1).pptx.

72. Le Thanh BV. Les mammites subcliniques de la vache laitière en régions tropicales[Mémoire]. UM2; 2005.

73. Zigo F, Vasil' M, Ondrašovičová S, Výrostková J, Bujok J, Pecka-Kielb E. Maintaining Optimal Mammary Gland Health and Prevention of Mastitis. Front Vet Sci. 17 févr 2021;8.

74. Bennedsgaard TW, Enevoldsen C, Thamsborg SM, Vaarst M. Effect of Mastitis Treatment and Somatic Cell Counts on Milk Yield in Danish Organic Dairy Cows. Journal of Dairy Science. oct 2003;86(10):3174-83.

75. Gonçalves JL, Kamphuis C, Martins CMMR, Barreiro JR, Tomazi T, Gameiro AH, et al. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return. Livestock Science. avr 2018;210:25-32.

76. Aqib AI, Muneer A, Shafeeq M, Kirn N. Economic Impacts of Clinical and Sub Clinical Mastitis on Dairy Farms. Veterinary Science Research. 29 déc 2021;3(2):31-9.

77. Singh AK. A comprehensive review on subclinical mastitis in dairy animals: Pathogenesis, factors associated, prevalence, economic losses and management strategies. CABI Reviews. 16 déc 2022;cabireviews202217057.

BENKESSIRAT Nawal, BELKACEM Imene Hadjer

Université de Blida- 1/ Institut des Sciences Vétérinaires

Promoteur : Dr YAHIMI.A

Co-promoteur : Dr KEBBAL.S

Intérêt du diagnostic des mammites subcliniques chez la vache.

Résumé :

Les mammites sont des affections percutantes multifactorielles de la glande mammaire qui impactent négativement la production de la vache laitière. Elles peuvent être cliniques dont on identifie des symptômes généraux, locaux et fonctionnels, contrairement aux mammites subcliniques qui ne sont détectées qu'avec des tests spécifiques, d'où la nécessité de faire un diagnostic précoce afin de prévenir la propagation de la maladie, améliorer la qualité du lait, réduire les coûts de traitement et maintenir la santé des vaches.

Notre synthèse bibliographique sur l'intérêt du diagnostic des mammites subcliniques chez les bovins laitiers a permis de mettre en lumière un large éventail d'approches, à savoir ceux qui sont fondées sur la réponse immunitaire de l'animale ou sur la modification de la perméabilité capillaire ou sur la recherche d'enzymes et de protéines d'inflammation et même des méthodes bactériologiques, chacune présentant ses avantages et ses inconvénients. Une approche intégrée combinant plusieurs méthodes pourrait offrir la meilleure stratégie pour une détection précoce et précise de cette affection courante chez les vaches laitières ainsi que pour établir un protocole thérapeutique adéquat.

Mots Clés : *diagnostic, mammite, subclinique, bovins*