

**" LE DEPISTAGE D'INFECTIONS MAMMAIRES AVEC LE CMT
POURRAIT-IL REDUIRE L'USAGE D'ANTIBIOTIQUES À LA MISE
AU TARISSEMENT DANS LES EXPLOITATIONS LAITIÈRES NON-
AFFILIÉES AU CONTRÔLE LAITIER EN WALLONIE? "**

***"COULD SCREENING FOR MAMMARY INFECTIONS
WITH CMT REDUCE ANTIBIOTIC USE AT DRY-OFF IN
DAIRY FARMS NOT AFFILIATED WITH MILK
RECORDING IN WALLONIA?"***

Arnaud CNOCKAERT

Travail de fin d'études
présenté en vue de l'obtention
du grade de Médecin
Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2022/2023

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

**" LE DEPISTAGE D'INFECTIONS MAMMAIRES AVEC LE CMT
POURRAIT-IL REDUIRE L'USAGE D'ANTIBIOTIQUES À LA MISE
AU TARISSEMENT DANS LES EXPLOITATIONS LAITIÈRES NON-
AFFILIÉES AU CONTRÔLE LAITIER EN WALLONIE? "**

***"COULD SCREENING FOR MAMMARY INFECTIONS
WITH CMT REDUCE ANTIBIOTIC USE AT DRY-OFF IN
DAIRY FARMS NOT AFFILIATED WITH MILK
RECORDING IN WALLONIA?"***

Arnaud CNOCKAERT

Tuteur : **Dr GUYOT Hugues, Dipl. ECBHM, PhD**

Travail de fin d'études
présenté en vue de l'obtention
du grade de Médecin
Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2022/2023

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

" LE DEPISTAGE D'INFECTIONS MAMMAIRES AVEC LE CMT POURRAIT-IL REDUIRE L'USAGE D'ANTIBIOTIQUES À LA MISE AU TARISSEMENT DANS LES EXPLOITATIONS LAITIÈRES NON-AFFILIÉES AU CONTRÔLE LAITIER EN WALLONIE? "

Objectifs :

L'objectif de ce travail est d'abord de réaliser une revue littéraire sur les infections intra-mammaires et sur la gestion du tarissement dans les exploitations laitières. Ensuite, le deuxième objectif de ce travail est d'évaluer si le Californian Mastitis Test est un outil diagnostique optimal pour détecter les vaches nécessitant un traitement antibiotique à la mise au tarissement dans les exploitations non-membres du contrôle laitier.

Résumé :

En raison de l'émergence et la multiplication de bactéries résistantes aux antibiotiques, un système de tarissement alternatif est de plus en plus mis en place. C'est le tarissement sélectif. Il a pour principe d'utiliser les antibiotiques de manière raisonnée en traitant uniquement les vaches infectées. Son efficacité repose sur une sélection adéquate des vaches à traiter au tarissement. En Belgique, les critères de sélection des vaches à traiter sont basés sur le taux cellulaire des vaches et l'historique des mammites cliniques. Les exploitations qui sont membres du contrôle laitier bénéficient de données sur le taux cellulaire individuel de leurs vaches. Cependant, seul 25,6% des exploitations laitières wallonnes sont membres du contrôle laitier. Le Californian Mastitis Test est un outil diagnostique offrant une estimation du taux cellulaire dans le lait. Dans cette étude, nous avons évalué si le CMT était un outil diagnostique optimal pour détecter les vaches nécessitant un traitement antibiotique à la mise au tarissement. Pour ce faire, nous avons comparé le résultat du CMT réalisé au tarissement avec le taux cellulaire des 3 derniers contrôles laitiers de 17 vaches provenant de 3 élevages wallons. Au moyen d'une table de contingence, la sensibilité et la spécificité du CMT ont été estimées à 67% et 87,5%. Les valeurs prédictives négative et positive ont également été estimées à 70 % et 85,7%. L'utilisation du CMT pourrait donc être envisagée dans des troupeaux à faible prévalence d'infection intra-mammaire.

"COULD SCREENING FOR MAMMARY INFECTIONS WITH CMT REDUCE ANTIBIOTIC USE AT DRY-OFF IN DAIRY FARMS NOT AFFILIATED WITH MILK RECORDING IN WALLONIA?"

Aim of the work:

The first objective of this work is to carry out a literature review on intramammary infections and the management of dry-off in dairy farms. The second objective is to evaluate whether the Californian Mastitis Test is an optimal diagnostic tool for detecting cows requiring antibiotic treatment at dry-off on non-milk recording farms.

Summary:

Because of the emergence and multiplication of antibiotic-resistant bacteria. An alternative drying-off system is increasingly being introduced, known as selective drying-off. The principle is to use antibiotics rationally, treating only infected cows. Its effectiveness is based on appropriate selection of the cows to be treated at dry-off. In Belgium, the selection criteria for cows to be treated are based on their cell count and history of clinical mastitis. Farms that are members of milk recording have access to data on the individual cell counts of their cows. However, only 25.6% of Walloon dairy farms are members of milk recording. The Californian Mastitis Test is a diagnostic tool that provides an estimate of the cell count in milk. In this study, we evaluated whether CMT was an optimal diagnostic tool for detecting cows requiring antibiotic treatment at dry-off. To do this, we compared the result of the CMT performed at dry-off with the cell count from the last 3 milk controls of 17 cows from 3 Walloon farms. Using a contingency table, the sensitivity and specificity of the CMT were estimated at 67% and 87.5%. The negative and positive predictive values were also estimated at 70% and 85.7%. The use of CMT could therefore be considered in herds with a low prevalence of intra-mammary infection.

Remerciements:

Je tiens tout d'abord à remercier mon promoteur, le professeur Hugues Guyot pour son aide et son dévouement durant la réalisation de ce travail de fin d'étude.

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont aidé de loin ou de près à réaliser ce travail.

J'en profite également pour remercier mes parents et ma famille pour tout le soutien qu'ils ont pu m'apporter durant ces six années d'étude.

Merci à Justine de m'avoir supporté pendant ces 4 dernières années et merci également pour tous les conseils et le soutien qu'elle a pu m'apporter.

Merci à Laurent, Jean-Philippe, Lionel, Solenne, Mathilde et Joris ainsi qu'à toute l'équipe de VetSolution et de Vetpole pour leur expérience, leur patience et l'apprentissage qu'ils m'ont apporté durant mes stages aux cours de ces dernières années.

Table des matières

1	Introduction.....	7
1.1	Contexte et importance du sujet :.....	7
2	Les infections intra-mammaires chez la vache laitière.....	8
2.1	Période de risque et réactions de la mamelle associées aux mammites :	8
2.2	Physiopathologie et étiologies des infections de la mamelle :.....	9
2.3	Prévention des infections de la mamelle.....	10
2.4	Les différents outils diagnostics d'une infection de la mamelle :.....	11
3	Gestion du tarissement	15
3.1	Blanket dry cow therapy :.....	15
3.1.1	Définition et historique :.....	15
3.1.2	Point fort du système :	16
3.1.3	Point faible du système :	16
3.2	Tarissement sélectif :.....	19
3.2.1	Définition et objectif :.....	19
3.2.2	Critères de mise en place du tarissement sélectif en Belgique :	19
3.2.3	Quels sont les obstacles à la mise en place du tarissement sélectif:.....	22
4	Mise en place d'un protocole de dépistage précoce des infections mammaires et tarissement sélectif : utilisation du CMT :.....	24
4.1	Description de l'étude et du protocole mis en place :.....	24
4.2	Matériel et méthode :	25
4.2.1	Sélection des troupeaux :	25
4.2.2	Sélection des vaches :.....	25
4.2.3	Récolte des échantillons :.....	25
4.2.4	Analyse des données :	26
4.3	Résultats de l'étude :	27
5	Discussion Générale :	30
6	Conclusion:	32
7	Références :.....	33

1 Introduction

1.1 Contexte et importance du sujet :

Le tarissement est une période importante du cycle de lactation de la vache laitière (Cheng and Han, 2020). Cette période assure une préparation de la mamelle à l'initiation de la prochaine lactation. Elle permet à la glande mammaire de s'involuer suite à l'arrêt de la lactation (Bradley and Green, 2004).

Durant de nombreuses années, l'administration systématique d'antibiotique dans chaque trayon de chaque vache, sans tenir compte du statut infectieux de celle-ci, a été pratiquée (Biggs et al., 2016; Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020; AMCRA, 2021). En effet, la période de tarissement offre une période de temps assez longue pour utiliser des antibiotiques à longue durée d'action (Cheng and Han, 2020). Pendant de nombreuses années, cette pratique, également nommée « blanket dry cow therapy », a permis d'éliminer les infections de la mamelle existantes et de minimiser les potentielles infections de la mamelle qui peuvent survenir durant le tarissement (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016; Niemi et al., 2020).

Cependant, l'émergence et la dissémination de bactéries induites par l'usage intensif d'antibiotique (White and McDermott, 2001; Bacanlı and Başaran, 2019; Ashraf and Imran, 2020; Niemi et al., 2020; Arsène et al., 2022) ainsi que la modification du profil des bactéries causant les mammites (AMCRA, 2021) et le coût engendré par l'usage systématique d'antibiotique (Gomes and Henriques, 2016a) ont remis en cause cette méthode de tarissement. Cela a introduit l'émergence d'une méthode de tarissement alternative : le tarissement sélectif.

Le tarissement sélectif a pour principe d'utiliser les antibiotiques de manière raisonnée en traitant uniquement les vaches atteintes d'infections intra-mammaires à la mise au tarissement (Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020; AMCRA, 2021; Ferreira et al., 2022). L'efficacité du tarissement sélectif est déterminé en partie par une sélection correcte des vaches à traiter. Ces vaches peuvent être mises en évidence par la mesure de leur taux cellulaire individuel avant le tarissement. En Belgique, les élevages membres du contrôle

laitier ont accès à ces données (AMCRA, 2021). Cependant, seul 25,6% des exploitations laitières wallonnes sont membres du contrôle laitier (Arsia et al., 2022). Par conséquent, la mise en place du tarissement sélectif est difficilement envisageable dans les élevages non-adhérent au contrôle laitier en Wallonie. L'utilisation d'outils diagnostics alternatifs tel que le Californian Mastitis Test, qui permet de donner une estimation du taux cellulaire présent dans chaque quartier, pourrait être réalisable. La sensibilité de ce test est cependant inférieure... (AMCRA, 2021)

2 Les infections intra-mammaires chez la vache laitière

2.1 Période de risque et réactions de la mamelle associées aux mammites :

Le tarissement et la période puerpérale sont des périodes à risque en ce qui concerne les infections intra-mammaires chez la vache laitière. Au début de tarissement, la mamelle est rendu sensible aux infections suite au remodelage du tissu glandulaire et le retard de formation du bouchon de kératine qui constituent une barrière physique contre l'invasion des bactéries (Bradley and Green, 2004). En effet, la formation des bouchons de kératine met environ 2 semaines à se mettre en place après l'arrêt de la lactation (Dingwell et al., 2003). En période puerpérale, il y a une décomposition des bouchons de kératine et une dilution des facteurs de protection se trouvant dans la mamelle (Bradley and Green, 2004).

Lorsqu'il y a colonisation de la glande mammaire par des bactéries, celles-ci sont détectées par les macrophages. Parallèlement, à leur rôle de surveillance, les macrophages sont promoteur de la réponse inflammatoire à l'infection intra-mammaire. Ils recrutent les neutrophiles qui vont permettre de détruire les bactéries. Les neutrophiles constituent 90% des cellules composant le taux cellulaire des vaches atteintes d'infections intra-mammaires. L'augmentation du taux de cellules est proportionnelle à la réaction inflammatoire dans la glande mammaire.

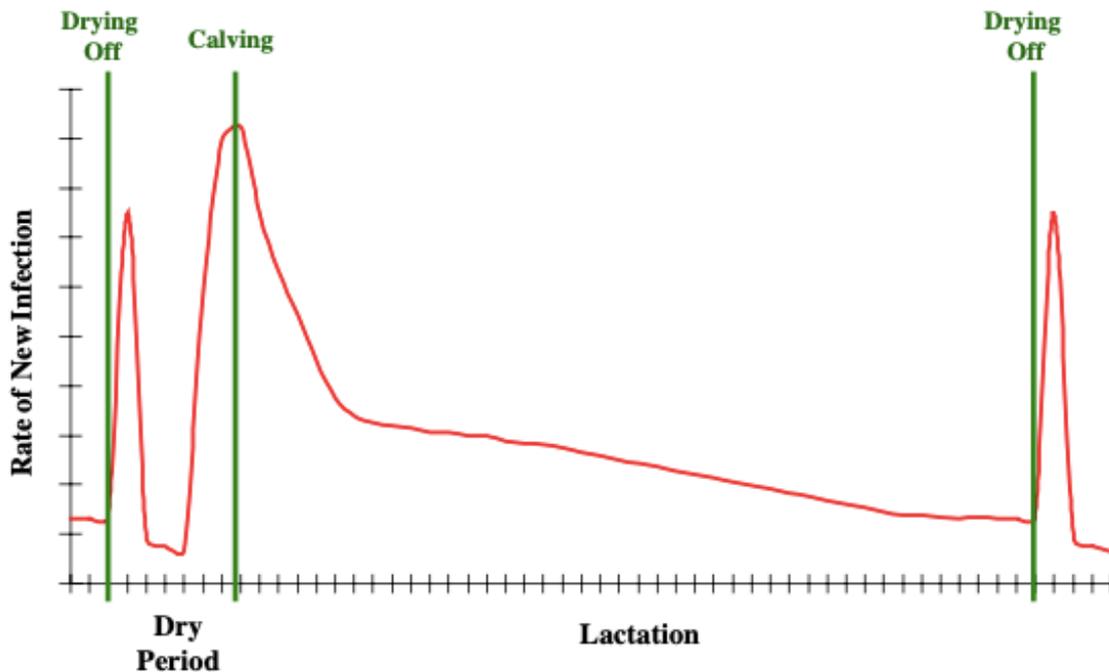


Figure 1: Schéma représentant les pics d'incidence de nouvelles infections intra-mammaires durant un cycle de lactation d'après Bradley, A. J., & Green, M. J. (2004). *The importance of the nonlactating period in the epidemiology of intramammary infection and strategies for prevention.*

2.2 Physiopathologie et étiologies des infections de la mamelle :

La mammite est une réaction inflammatoire qui se produit lorsque la glande mammaire est affectée par des infections causées par des agents pathogènes ou par des blessures physiques à la mamelle (Cheng & Han, 2020). On distingue trois types de mammite : cliniques, sub-cliniques et chroniques. Les mammites cliniques peuvent être classées en mammites suraiguës, aiguës ou subaiguës. Le degré d'inflammation dépend de différents facteurs tels que l'âge de la vache, le stade de lactation, le statut immunitaire de la vache, et surtout, l'agent pathogène responsable (Ashraf & Imran, 2020). Les mammites sub-cliniques ne présentent pas de changements visibles au niveau de la mamelle ou du lait, mais elles peuvent entraîner une baisse de la production laitière et une augmentation du taux cellulaire dans le lait. Quant à la mammite chronique, elle se caractérise par une inflammation qui persiste durant plusieurs mois (Cheng & Han, 2020).

Comme mentionné précédemment, les agents pathogènes sont les principales causes des mammites. Les infections intra-mammaires causées par des bactéries sont les plus fréquentes (Cheng & Han, 2020). Il existe plus de 150 espèces de bactéries reconnues comme étant responsables de la mammite. On distingue deux types d'infections bactériennes des glandes

mammaires chez les bovins : les mammites contagieuses et les mammites environnementales (Ashraf & Imran, 2020). Les mammites contagieuses se transmettent principalement durant la traite par les vaches infectées de germes contagieux. Parmi les bactéries responsables des mammites contagieuses, on retrouve *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus coagulase négative*, *Staphylococcus aureus*, *Mycoplasma bovis* et *Corynebacterium bovis*. Ces bactéries résident sur la peau du pis et des trayons. Les mammites environnementales sont quant à elles causées par des bactéries présentes dans l'environnement et dans les installations des vaches laitières. Parmi ces bactéries, on trouve *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis*, *Pseudomonas*, ainsi que d'autres bactéries coliformes telles que *Enterobacter* et *Klebsiella*.

Il existe donc un grand nombre de bactéries responsables d'infections intra-mammaires, qu'elles soient des bactéries à Gram positif ou à Gram négatif (Ashraf & Imran, 2020; Cheng & Han, 2020)

2.3 Prévention des infections de la mamelle

La prévention des infections de la mamelle permet de diminuer le taux d'utilisation d'antibiotiques ainsi que le taux de réforme causé par les mammites (Ashraf and Imran, 2020). Les mesures préventives permettent également de limiter les pertes économiques associées aux mammites. En effet, une mammite clinique peut générer des pertes économiques allant jusqu'à 300€ par vache. Ces pertes d'argent causées par les mammites sont liées à des coûts directs tels que les visites du vétérinaire et les traitements. Mais elles peuvent également être liées à des pertes indirectes suite à une diminution de la production laitière, une augmentation du lait écarté, une augmentation de la sollicitation de l'éleveur et de son travail ainsi qu'une augmentation du taux de réforme (Van Soest et al., 2016). En l'absence de mesures préventives efficaces, il y a une augmentation du taux d'infection intra-mammaire après le tarissement (Dingwell et al., 2003). En effet, le tarissement est une période de risque pour les infections intra-mammaires car il y a un arrêt du drainage du pis ainsi qu'une baisse d'immunité. Il est donc important d'agir au niveau du tarissement en limitant le taux d'infections durant cette période et en traitant les vaches infectées à l'entrée au tarissement (Guyot et al., 2019). Pour diminuer le taux d'infection durant le tarissement, des mesures doivent être prises à différents niveaux. Tout d'abord, avant l'entrée au tarissement, il est

important de diminuer progressivement la production laitière des vaches qui vont être tarées (Gomes and Henriques, 2016a; Niemi et al., 2020). Cela va permettre d'accélérer l'involution de la glande mammaire et d'augmenter les défenses immunitaires de la mamelle (Niemi et al., 2020). Ensuite, une hygiène correcte est nécessaire au niveau du logement pour minimiser les infections par les pathogènes d'environnement (Ashraf and Imran, 2020). De plus, l'implantation d'obturateurs internes dans les trayons associés avec ou sans antibiotiques permet de diminuer le taux d'infection en formant une barrière physique contre l'entrée des pathogènes dans le pis (Dingwell et al., 2003). La complémentation en Vitamine E et Sélénium ainsi qu'en Vitamine D contribue à améliorer l'immunité des vaches laitières contre les mammites. L'immunité des vaches contre certains pathogènes peut être augmentée en vaccinant celles-ci durant le tarissement. En effet, certains vaccins ont été développés contre certains Coli et Staphylococcus aureus (Ashraf and Imran, 2020).

Certaines mesures préventives doivent également être prises durant la lactation pour éviter toute contamination par des pathogènes contagieux. En effet, certaines procédures telles que le port de gants (Dufour et al., 2011), le nettoyage du pis avant la traite, l'éjection des premiers jets (Sargeant et al., 2001), le décrochage automatique des unités de traites, l'application de liquide post-trempage sont à mettre en œuvre durant la traite. Les vaches atteintes de mammites doivent impérativement être traitées en dernier pour éviter la contamination des autres vaches et pour permettre le nettoyage du matériel de traite après leur passage (Dufour et al., 2011).

Pour avoir un management correct de la santé mammaire et limiter le taux de mammites dans un troupeau, des mesures préventives doivent être prises aussi bien durant le tarissement que pendant la lactation.

2.4 Les différents outils diagnostics d'une infection de la mamelle :

Le management de la santé mammaire dans les exploitations laitières est nécessaire pour optimiser la rentabilité économique d'une exploitation mais aussi pour favoriser le bien-être animal (Lam et al., 2009). Un management de la santé mammaire optimal nécessite des outils diagnostics fiables et abordables pour la détection des mammites. Un bon management de la santé mammaire exige donc des améliorations constantes des outils diagnostics au niveau de la sensibilité, du prix et de la facilité d'utilisation. Les méthodes diagnostics les plus

fréquemment utilisées sont le taux cellulaire, le Californian Mastitis Test, les cultures bactériologiques et le conductivité électrique du lait (Lam et al., 2009).

Premièrement, en ce qui concerne le taux cellulaire, c'est un indicateur du statut inflammatoire de la glande mammaire. Il est majoritairement composé de cellules immunes tels que des macrophages, des lymphocytes ainsi que des polymorphonucléaires et quelques cellules épithéliales (Schukken et al., 2003). Lors d'une infection intra mammaire, les macrophages initient une réponse inflammatoire en recrutant les neutrophiles. Ceux-ci sont recrutés dans le but de lutter contre la cause primaire de cette inflammation (Ruegg and Reinemann, 2002). Le taux cellulaire augmente en fonction de l'intensité de l'inflammation. Son utilisation confère différents avantages. Il permet de différencier les vaches saines des vaches infectées. En effet, si le taux cellulaire d'une vache est supérieur à 200 000 cellules/ml, la vache est atteinte d'une mammite. La norme de 200 000 cellules/ml permet de détecter les mammites avec la plus grande sensibilité et spécificité. Le taux cellulaire est également un outil de monitoring intéressant pour détecter les mammites sub-cliniques ainsi que pour évaluer l'efficacité d'un traitement contre une mammite, administré en lactation ou au tarissement (Schukken et al., 2003).

Les données du taux cellulaire sont disponibles sur base de tests réalisés par le contrôle laitier sur des échantillons de lait pris à intervalle régulier en ferme (Sanford et al., 2006; AMCRA, 2021).

Ensuite, le Californian Mastitis Test aussi nommé « Test de Schalm » permet de donner une estimation du taux cellulaire dans le lait. Le test consiste en la mise en relation d'un échantillon de lait de chaque trayon avec un détergeant. Ce détergeant est utilisé pour lyser les parois des cellules se trouvant dans le lait et libérer les acides nucléiques ainsi que les autres constituants de ces cellules. La mise en relation de ces constituants avec le détergeant crée un gel. La viscosité de ce gel est proportionnel aux cellules présentes dans l'échantillon de lait (Viguié et al., 2009). L'interprétation du Californian Mastitis Test est très subjective. Celle-ci est très dépendante de la personne qui l'interprète. Au plus le taux cellulaire augmente, au plus le score du test CMT sera élevé (Sanford et al., 2006).

Il y a 4 grades d'interprétation différents :

Le grade 0 où il n'y a pas de changement de consistance après la mise en relation de l'échantillon de lait avec le détergeant du CMT. Le grade 1 où il y a formation d'un gel de faible consistance

et qui reste au centre de la palette lorsque que le testeur bouge celle-ci. Le grade 2 où il ya formation d'un gel grumeuleux qui a tendance à se retirer du centre de la palette quand celle-ci est mise en mouvement. Le grade 3 où il ya formation d'un gel très adhérent à la palette.



Figure 2: Interprétation du test CMT: les différents grades du CMT adapté à partir de Barnum, D. A., & Newbould, F. H. S. (1961). *The Use of the California Mastitis Test for the Detection Of Bovine Mastitis. The Canadian Veterinary Journal*, 2(3), 83-90 et du Réseau Canadien de recherche sur la mammite bovine.

C'est un outil diagnostique rapide, réalisable en ferme par les éleveurs et surtout peu coûteux . Il permet donc de détecter des mammites sub-cliniques qui induisent une augmentation du taux cellulaire dans le lait ainsi que les mammites cliniques (Sanford et al., 2006). Mise à part le fait que le CMT permet de détecter les vaches atteintes de mammite, il permet également d'identifier les quartiers infectés parmi ces vaches. En effet, certaines vaches sont considérées comme mammiteuses alors que l'infection mammaire n'entreprend pas les 4 quartiers de celle-ci. L'usage du CMT peut donc diminuer le nombre de quartiers à échantillonner ou à traiter en détectant les quartiers à problème (Sargeant et al., 2001). Dès lors, le CMT est plus avantageux au niveau facilité d'utilisation et au niveau économique par rapport au contrôle

laitier. Par contre, le contrôle laitier est plus intéressant pour avoir une vue d'ensemble de la santé mammaire du troupeau.

Tableau I: Tableau comparant le Californian Mastitis Test et le Contrôle laitier proposé par Eleveo adapté à partir de (Sargeant et al., 2001; Sanford et al., 2006).

	Californian Mastitis Test	Contrôle laitier (taux cellulaire)
Avantages	Réalisable en ferme Accessible Résultat rapide Distinction du/des quartiers infectés	Sensibilité et spécificité augmenté Données sur la santé mammaire de TOUT le troupeau Contrôle efficacité du traitement Données sur le management de la santé mammaire
Inconvénients	Donne une estimation du taux cellulaire Subjectivité dans l'interprétation	Intervalle de temps entre les contrôles qui est de plus ou moins 4 à 6 semaines
Coûts	Coût appareil testeur : 25€ (prix Alcyon) Prix liquide de détergeant CMT: 6,75€/l (prix Alcyon)	Pour un troupeau de 60 vaches: prix d'un contrôle varie entre 117 et 293 € (facteurs de variation: durée traite, contrôle effectué par contrôleur/éleveur/robot, intervalle entre les contrôles)

Les cultures bactériologiques sur des échantillons de lait permettent quant à elles de connaître la nature du problème inflammatoire au niveau de la glande mammaire (Lam et al., 2009). En effet, cet outil permet d'avoir un diagnostic étiologique des mammites dans l'élevage (AMCRA, 2021). Les cultures bactériologiques permettent également d'avoir un historique des pathogènes engendrant des mammites au sein du troupeau. Cela est très utile pour choisir un traitement adapté et ciblé lorsqu'il y a de nouveaux cas de mammites dans l'élevage. Ainsi que pour mettre en place des mesures préventives à l'encontre du pathogène isolé, aussi bien pour des pathogènes d'environnement que des pathogènes contagieux (Lam et al., 2009). Le principal inconvénient de cet outil diagnostique est l'attente du résultat (Viguiet et al., 2009). Or, lors de mammites cliniques, il est important d'avoir un diagnostic rapide pour optimiser les traitements, pour diminuer au maximum les coûts engendrés par la mammite et pour prévenir

d'une inefficacité des antibiotiques (Lam et al., 2009). Les cultures bactériologiques présentent également des problèmes de logistique. Ce sont des tests dont l'usage en ferme est moins optimal. De plus, le coût de ceux-ci est plus important (Sanford et al., 2006).

Enfin, avec l'arrivée des systèmes de traites automatiques, une méthode de détection des mammites précoce a été mise en place, la conductivité électrique du lait. La mesure de celle-ci est liée à une augmentation du taux de Na⁺ et de Cl⁻ lors d'une inflammation de la mamelle qui induit une augmentation de la conductivité dans le lait (Hovinen et al., 2006). La conductivité électrique du lait est un outil diagnostique simple et pas cher. Cependant, la sensibilité et la spécificité de ce test ne sont pas optimales pour permettre une détection précoce des mammites de manière efficace. La conductivité électrique du lait peut par contre être associée à d'autres indicateurs de mammites tels que l'évolution de la production laitière, la température du lait, l'activité de la vache, ... (Inzaghi et al., 2021).

3 Gestion du tarissement

3.1 Blanket dry cow therapy :

3.1.1 Définition et historique :

Le tarissement est une période idéale pour traiter les mammites existantes car il y a un arrêt de la production laitière (Cheng and Han, 2020) mais c'est également une période où le risque d'infections intra-mammaires est plus important (Bradley and Green, 2004). Le tarissement confère une période de temps assez longue pour utiliser des antibiotiques à longue durée d'action (Cheng and Han, 2020). C'est pourquoi, dans les années 1950, le « blanket dry cow therapy » ou encore l'« antibiotic dry cow therapy » a été introduit (Bradley and Green, 2004; Biggs et al., 2016). Cette méthode était un pilier essentiel du plan de contrôle des mammites en 5 points (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016; Vanhoudt et al., 2018; Cheng and Han, 2020; Niemi et al., 2020; Swinkels et al., 2021), établi en 1969 par l'Institut National de recherche en Élevage Laitier (Biggs et al., 2016; Cheng and Han, 2020). Le principe est d'introduire des antibiotiques en intra-mammaire (Biggs et al., 2016; Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020), indépendamment de l'état infectieux des vaches (AMCRA, 2021), dans chaque quartier de chaque vache à la mise au tarissement (Biggs et al., 2016; Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020). Les antibiotiques qui sont infusés sont des

antibiotiques avec une grande durée d'action, ce qui permet d'avoir une persistance de l'antibiotique suffisamment longue pour traiter les mammites chroniques et sub-cliniques (Cheng and Han, 2020).

3.1.2 Point fort du système :

Durant de longues années, l'utilisation systématique d'antibiotique au tarissement a permis de diminuer drastiquement la prévalence des mammites dans les élevages laitiers (Biggs et al., 2016). Cette méthode de traitement a permis d'éliminer les infections de la mamelle existantes et de minimiser les potentielles infections de la mamelle qui peuvent survenir durant le tarissement (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016; Niemi et al., 2020). De cette manière, le tarissement avec des antibiotiques a favorisé la diminution et le contrôle des mammites induites par des agents pathogènes contagieux (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016). En favorisant le contrôle des infections intra-mammaires, l'usage systématique d'antibiotique au tarissement a contribué à diminuer les pertes au niveau économique, à assurer le bien-être animal, à garantir une production d'un lait de qualité dans la lactation suivante et à obtenir une bonne santé mammaire au sein du troupeau (Bradley and Green, 2004). Il a également été démontré que les vaches recevant des antibiotiques dans chacun de leurs trayons à la mise au tarissement avait une meilleure production laitière ainsi qu'un taux cellulaire plus faible durant la lactation suivante (Dingwell et al., 2003; Niemi et al., 2020).

3.1.3 Point faible du système :

Bien qu'il est permis de diminuer et de contrôler le taux de mammites contagieuses (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016), l'efficacité de l'usage systématique d'antibiotique au tarissement face aux mammites induites par les pathogènes d'environnement est contestée. En effet, il y a une modification du profil bactérien des mammites par un accroissement des pathogènes induisant les mammites d'environnement malgré la pratique du tarissement systématique aux antibiotiques (AMCRA, 2021).

De plus, l'utilisation systématique d'antibiotique au tarissement est une pratique qui est de plus en plus remise en cause dans les élevages laitiers. En effet, l'usage d'antibiotique a de nombreux effets indésirables sur les animaux, sur l'écologie et l'environnement mais également sur l'homme (White and McDermott, 2001; Bacanlı and Başaran, 2019; Ashraf and Imran, 2020; Niemi et al., 2020; Arsène et al., 2022). L'usage d'antibiotique est un sujet de

grande importance pour les scientifiques étant donné que l'émergence et la dissémination de bactéries multi résistantes sont de plus en plus importantes (White and McDermott, 2001). L'utilisation d'antibiotique en médecine vétérinaire a permis de réduire les maladies infectieuses ainsi que le taux de contamination de l'homme par des animaux ou des aliments contaminés (White and McDermott, 2001; Bacanlı and Başaran, 2019; Arsène et al., 2022). Notamment dans les élevages laitiers, où ils ont permis le traitement et la prévention des mammites (White and McDermott, 2001). Cependant, l'usage abusif de ces molécules (Gomes and Henriques, 2016b) a engendré l'excrétion de résidus antibiotiques par les animaux traités. Ceux-ci sont excrétés dans les urines et les matières fécales de ces animaux ainsi que dans leurs produits dérivés tels que la viande et le lait des bovins. Ces résidus ont des conséquences directes et indirectes sur l'environnement et sur l'homme (Bacanlı and Başaran, 2019; Arsène et al., 2022).

Les résidus localisés dans les denrées alimentaires dérivées des animaux de production ou dans l'environnement, peuvent avoir des répercussions directes sur la santé de l'homme étant donné qu'ils ont une toxicité importante. Ils peuvent engendrer certaines pathologies. En effet, ceux-ci peuvent induire des réactions allergiques, des troubles gastro-intestinaux secondaires à des dérives ou des destructions de la flore commensale au niveau du microbiote intestinal. Ils sont également toxiques pour le foie, les reins et la moelle osseuse. Les résidus antibiotiques peuvent également induire des troubles de la reproduction avec une baisse de la fertilité ainsi qu'une augmentation de la carcinogénèse et des mutations. Au niveau de l'environnement, les résidus peuvent s'y retrouver suite à la fertilisation des champs avec le lisier ou le fumier du bétail ou lors du pâturage des vaches. Ces résidus se retrouvent dans le sol et dans l'eau et perturbent la flore commensale de ceux-ci. Ils peuvent également contaminer les plantes qui s'y développent (Bacanlı and Başaran, 2019; Arsène et al., 2022). Comme dit précédemment, les résidus antibiotiques ont aussi une conséquence indirecte, qui est de loin non négligeable. En effet, la présence de résidus antibiotiques au contact de bactéries dans l'environnement, dans les denrées alimentaires ou chez l'homme contribue à la formation de bactéries résistantes. Lorsque les résidus sont en contact avec les bactéries, c'est comme si ces bactéries étaient en contact avec une faible concentration d'antibiotique. Cela induit une adaptation des bactéries par des mutations spontanées et par pression positive. Ces bactéries deviennent plus résistantes et plus virulentes. La résistance aux antibiotiques s'acquiert par différents mécanismes tels que le changement de perméabilité

des parois bactériennes face aux antibiotiques qui empêchent ceux-ci d’entrer dans les bactéries, la mise en place de systèmes d’efflux qui permettent de faire sortir les molécules d’antibiotiques hors des bactéries, l’altération de la cible des antibiotiques, la création d’enzymes qui sont capables d’inactiver ou de détruire les molécules antibiotiques ou encore la modification de certaines voies métaboliques (White and McDermott, 2001; Bacanlı and Başaran, 2019; Arsène et al., 2022).

Concernant la dissémination de ces résistances entre les bactéries, elle peut se faire de manière verticale, c’est-à-dire d’une lignée de bactéries à une autre. La dissémination se fait également de manière horizontale. En effet, les bactéries sont adeptes de l’échange de gènes qui permettent d’augmenter leur capacité de survie . Cela est permis grâce aux plasmides et à l’échange de gènes qui se fait principalement par conjugaison, au contact de 2 bactéries (White and McDermott, 2001; Bacanlı and Başaran, 2019; Arsène et al., 2022).

Les résistances aux antibiotiques suivent la même dynamique que les résidus antibiotiques concernant la dissémination de celles-ci dans l’environnement, chez l’homme et entre les animaux (Arsène et al., 2022).

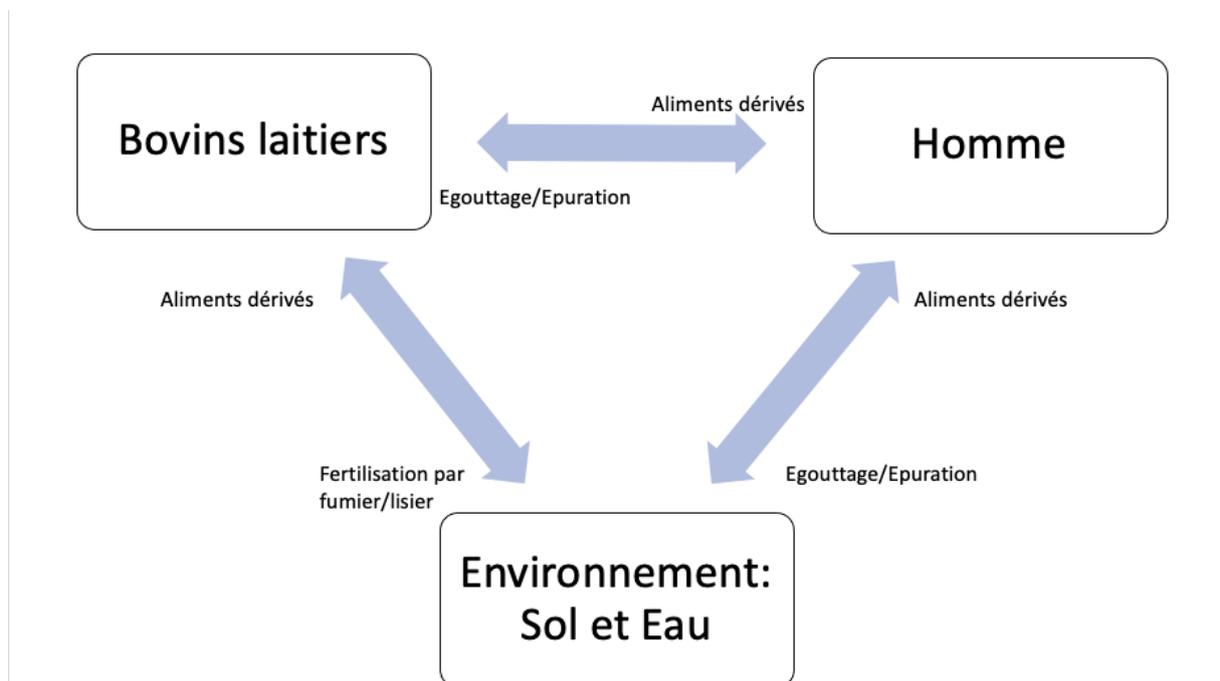


Figure 3: Dynamique de la dissémination des résistances aux antibiotiques et des résidus antibiotiques entre l'Homme, les animaux et l'environnement adapté à partir du document de Arsène et al., 2022

L'émergence et la multiplication des résistances aux antibiotiques engendrent une augmentation de la pression pour diminuer l'usage d'antibiotiques les élevages laitiers (Niemi

et al., 2020; Ferreira et al., 2022) car celles-ci constituent une menace sanitaire de plus en plus importante (Bacanlı and Başaran, 2019; Niemi et al., 2020; Arsène et al., 2022).

L'usage systématique d'antibiotique au tarissement est donc remis en cause car il participe à l'émergence de ces résistances aux antibiotiques (Sanford et al., 2006; Gomes and Henriques, 2016b; Niemi et al., 2020; Ferreira et al., 2022).

De plus, l'administration d'antibiotique intra-mammaire dans chaque trayon de chaque vache représente un coût non-négligeable pour les élevages qui mettent en place ce type de pratique (Gomes and Henriques, 2016b).

3.2 Tarissement sélectif :

3.2.1 Définition et objectif :

En raison de la menace pour la santé publique engendrée par les résistances aux antibiotiques, la pratique du traitement systématique aux antibiotiques lors de la mise en tarissement a été grandement remise en question. En effet, environ un tiers des antibiotiques utilisés dans le secteur laitier était employé lors du tarissement systématique aux antibiotiques (AMCRA, 2021). C'est pourquoi le tarissement sélectif est déjà mis en place dans de nombreux pays tels que les Pays-Bas (Vanhoudt et al., 2018), les États-Unis, le Canada... (Ferreira et al., 2022).

Le tarissement sélectif a pour principe d'utiliser les antibiotiques de manière raisonnée en traitant uniquement les vaches présentant des infections intra-mammaires à la mise au tarissement (Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020; AMCRA, 2021; Ferreira et al., 2022). Celui-ci est une opportunité pour avoir une diminution quantitative de l'utilisation d'antibiotiques dans les exploitations laitières. La mise en application du tarissement sélectif nécessite une identification précise des vaches atteintes de mammites à l'arrivée au tarissement. L'efficacité du tarissement sélectif est déterminée en partie par une sélection correcte des vaches à traiter. Les vaches atteintes de mammites peuvent être mises en évidence par la mesure du taux cellulaire individuel des vaches avant le tarissement. En Belgique, les élevages membres du contrôle laitier ou du comité du lait ont accès à ces données.

Le tarissement sélectif est considéré comme le résultat d'une bonne gestion de la santé mammaire au sein du troupeau (AMCRA, 2021).

3.2.2 Critères de mise en place du tarissement sélectif en Belgique :

L'efficacité du tarissement sélectif est déterminée en partie, par une sélection correcte des vaches à traiter. Une sélection adéquate des vaches à traiter est rendue possible par la mise en place de critères spécifiques (Dufour et al., 2011). De ce fait, des experts en mammites bovine ont mis en place un accord concernant le tarissement pour toute l'Europe en 2017. L'objectif était de fournir des directives concernant le tarissement avec utilisation d'antibiotique et le tarissement sélectif, de donner des recommandations aux vétérinaires pour conseiller les élevages qui souhaitent passer au tarissement sélectif et de responsabiliser les vétérinaires et les éleveurs sur l'usage des antibiotiques (Bradley et al., 2018). En Belgique, la stratégie pour la mise en pratique du tarissement sélectif est basée sur cet accord. Comme dit ci-dessus, le tarissement sélectif est le résultat logique d'une bonne gestion de la santé mammaire par l'éleveur et le vétérinaire de l'exploitation. En effet, pour avoir un passage du tarissement avec un usage systématique d'antibiotique à un tarissement sélectif, sans avoir trop de dégradation de la santé mammaire du troupeau, il est important d'avoir une bonne gestion de la santé mammaire au préalable (AMCRA, 2021). Il est donc essentiel de sélectionner les troupeaux aptes à la mise en place du tarissement sélectif. Des critères ont été établis pour classer les différentes exploitations. Celles-ci sont classées soit en exploitation à haut risque, soit en exploitation à faible risque où le tarissement sélectif peut être mis en place (AMCRA, 2021). Il est également essentiel de prendre en considération certains aspects de l'élevage tels que l'environnement, le logement, l'hygiène ainsi que certaines caractéristiques des vaches se trouvant dans le troupeau (nombre de parité, niveau de production...) (Ferreira et al., 2022). Pour être considérée comme une exploitation à bas risque, il faut remplir 3 critères: le taux cellulaire du tank doit être inférieur à 250000 cellules par millilitres 4 fois au cours des 6 derniers mois, absence de la bactérie *Streptococcus agalactiae* dans l'exploitation et absence de risques ou de périodes de risques spécifiques pour la santé mammaire tel qu'un changement de logement, de système de traite ou mise en prairie. Concernant les exploitations à haut risque, il est impératif d'améliorer la santé mammaire de l'élevage (AMCRA, 2021). L'amélioration de la santé mammaire est rendue

possible par la mise en pratique de mesures préventives telles qu'une gestion optimale du tarissement avec un logement adapté, une nutrition adaptée, la mise en place de protocole de vaccination, ...(AMCRA, 2021; Ferreira et al., 2022) De plus, il faut continuer l'utilisation systématique d'antibiotiques ainsi que l'introduction d'obturateurs au tarissement (AMCRA, 2021).

Concernant les élevages à faible risque, il faut sélectionner les vaches ne nécessitant pas d'antibiotique à la mise au tarissement. Pour ce faire, il existe 2 critères permettant de dire qu'une vache n'est pas infectée par des pathogènes majeurs : il faut que celle-ci ait un taux cellulaire individuel inférieur à 200000 cellules par millilitre durant les 3 derniers contrôles avant le tarissement et qu'il y ait absence de mammites cliniques durant cette même période (AMCRA, 2021). En effet, lorsque le taux cellulaire en fin de lactation est élevé ou que la vache a eu une mammitte clinique en fin de lactation, il y a plus de chance d'avoir une mammitte clinique durant la prochaine lactation (Niemi et al., 2020). Les vaches qui n'ont pas besoin d'antibiotique au tarissement doivent néanmoins recevoir un obturateur interne pour éviter toutes infections par des germes environnementaux durant le tarissement (AMCRA, 2021).

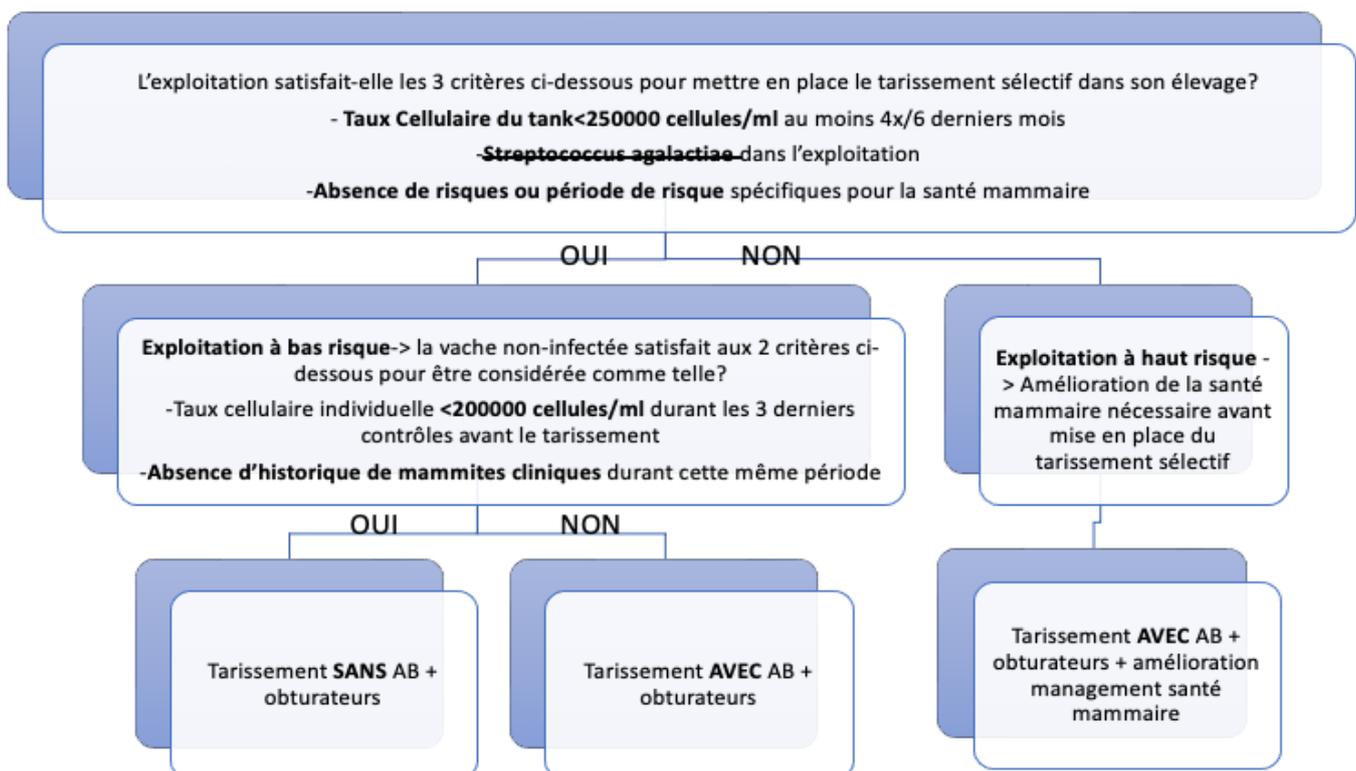


Figure 4 : Schéma de la démarche pour la mise en place du tarissement sélectif en Belgique adapté à partir du document de Bradley, A., De Vlieghe, S., Farre, M., Jimenez, L. M., Peters, T., De Leemput, E. S., & Van Werven, T. (2018). Pan-European agreement

En Belgique, Eleveo a mis en pratique un outil qui se nomme « Tarir malin » et qui permet d'aider les éleveurs à réaliser le tarissement sélectif dans leur exploitation. Cet outil est disponible pour tous les éleveurs et fournit des informations au niveau du troupeau et au niveau individuel. Au niveau du troupeau, Tarir Malin donne des données sur l'évolution du taux cellulaire et des pathogènes présents dans le tank. Au niveau individuel, cet outil fournit des informations pour procéder à une antibiothérapie raisonnée au tarissement (Arsia et al., 2022).

3.2.3 Quels sont les obstacles à la mise en place du tarissement sélectif:

La mise en œuvre du tarissement est soumise à quelques difficultés. D'une part, on retrouve la réticence de certains éleveurs à l'adopter (Scherpenzeel et al., 2016). D'autre part, la réussite du tarissement sélectif nécessite une détection adéquate des vaches infectées, ce qui implique d'avoir accès aux données des taux cellulaires (AMCRA, 2021). De plus, il existe un risque d'augmentation de l'incidence des mammites en post-partum suite à la mise en place de ce système (Dufour et al., 2011; Heikkilä et al., 2022).

Le succès de la mise en place du tarissement sélectif dépend des croyances et de la volonté des éleveurs. En effet, pendant de nombreuses années, le tarissement avec usage d'antibiotique systématique était préconisé auprès des éleveurs. La mise en application du tarissement sélectif est donc un véritable défi pour certains d'entre eux. Certains sont réticents à sa mise en œuvre en raison des répercussions financières qu'il pourrait engendrer. De plus, certaines croyances des éleveurs conduisent à un avis négatif sur le tarissement sélectif. Parmi ces croyances, on trouve le fait que le taux de guérison des vaches sera plus faible en réduisant le taux d'antibiotiques administrés au tarissement, le fait qu'il y aura plus de mammites et de vaches malades (Scherpenzeel et al., 2016). Les éleveurs sont également réticents à propos de la charge ce travail supplémentaire que nécessite la mise en place du tarissement sélectif. En effet, un examen systématique du taux cellulaire individuel et de l'historique des mammites de chaque vache doit être réalisé pour connaître l'état infectieux de celle-ci à la mise au tarissement (Heikkilä et al., 2022). La sensibilisation des éleveurs est donc un élément important pour susciter le désir de diminuer l'utilisation des antibiotiques et permettre la mise en place du tarissement sélectif (AMCRA, 2021).

En Belgique, il y a peu d'élevages qui pratiquent le tarissement sélectif. En 2007, dans une étude réalisée sur environ 300 exploitations laitières en Wallonie, 96% d'entre elles pratiquaient l'usage d'antibiotique systématique au moment du tarissement. De plus, pour pouvoir mettre en œuvre le tarissement sélectif, il est impératif d'identifier les vaches nécessitant un traitement antibiotique au moment du tarissement. Or, pour diagnostiquer ces vaches, les exploitations doivent avoir accès à certaines données, en particulier le taux cellulaire individuel des vaches. Pour avoir accès à ces données, les exploitations doivent être membres du contrôle laitier. Cependant, peu d'élevages wallons y adhèrent. En effet, en 2007, seulement 26% des exploitations laitières participaient au contrôle laitier (AMCRA, 2021), et ce chiffre n'a pas évolué car en 2022, 25,6% des exploitations laitières wallonnes sont membres du contrôle laitier (Arsia et al., 2022). Par conséquent, la mise en place du tarissement est difficilement envisageable dans les élevages non-adhérent au contrôle laitier en Wallonie. L'utilisation d'un outil diagnostique alternatif tel que le Californian Mastitis Test qui permet de donner une estimation du taux cellulaire présent dans chaque quartier, pourrait être réalisable. La sensibilité de ce test est cependant inférieure... (AMCRA, 2021)

Le tarissement est une période à risque concernant les infections intra-mammaires (Dingwell et al., 2003). Le risque d'augmentation de l'incidence de mammites cliniques en post-partum suite à la mise en place du tarissement sélectif est assez variable. En effet, la réussite du tarissement sélectif dépend d'une part de la détection adéquate des vaches infectées juste avant le tarissement (Dufour et al., 2011; Heikkilä et al., 2022) et d'autre part du management de la santé mammaire (Vanhoudt et al., 2018; Heikkilä et al., 2022). L'augmentation du taux d'incidence de mammites en post-partum secondaire à un mauvais management de la santé mammaire est un facteur spécifique à l'exploitation et à l'éleveur (Heikkilä et al., 2022).

4 Mise en place d'un protocole de dépistage précoce des infections mammaires et tarissement sélectif : utilisation du CMT :

4.1 Description de l'étude et du protocole mis en place :

Le tarissement est une période à risque concernant les infections intra-mammaires chez les vaches laitières (Dingwell et al., 2003; Bradley and Green, 2004). Depuis de nombreuses années, l'introduction systématique d'antibiotique dans chaque trayon de chaque vache à la mise au tarissement, est pratiquée (Biggs et al., 2016; Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020). Cette méthode également appelée « Blanket Dry Cow Therapy » ou « Antibiotic Dry Cow Therapy » a permis d'éliminer les infections de la mamelles existantes et de minimiser les potentielles infections de la mamelle qui peuvent survenir durant le tarissement (Bradley and Green, 2004; Sanford et al., 2006; Biggs et al., 2016; Niemi et al., 2020).

Néanmoins, l'usage systématique d'antibiotique est de plus en plus controversé suite à l'émergence et la multiplication de bactéries résistantes aux antibiotiques. Il y a une augmentation de la pression pour réduire l'usage d'antibiotique dans les élevages laitiers (Niemi et al., 2020; Ferreira et al., 2022).

Le tarissement sélectif est donc une méthode de tarissement alternative favorisant un usage raisonné des antibiotiques (AMCRA, 2021). Celui-ci a pour principe de traiter uniquement les vaches présentant des infections intra-mammaires (Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020; AMCRA, 2021; Ferreira et al., 2022). L'efficacité du tarissement sélectif repose sur une détection correcte des vaches infectées. En Belgique, la détection de vaches atteintes d'infections intra-mammaires repose sur le taux cellulaire individuel de celles-ci durant les 3 derniers contrôles laitiers ainsi que sur l'historique des mammites cliniques. En effet, pour être considérée comme saine, une vache doit avoir un taux cellulaire inférieur à 200 000 cellules par millilitres lors des 3 derniers contrôles. Pour avoir accès à ses données, les élevages doivent être membres du contrôle laitier (AMCRA, 2021).

Or, en Wallonie, il n'y a que 680 élevages laitiers sur 2656 qui sont membres du contrôle laitier (Arsia et al., 2022). Cela représente seulement 25,6 % des exploitations laitières wallonnes (AMCRA, 2021) Les élevages qui ne sont pas membres du contrôle laitier n'ont donc pas accès à ce genre de données.

Le Californian Mastitis Test permet de donner une estimation du taux cellulaire dans le lait. C'est un outil diagnostique rapide, réalisable en ferme par les éleveurs et surtout peu coûteux. Il permet donc de détecter les infections intra-mammaires qui induisent une augmentation du taux cellulaire dans le lait (Sanford et al., 2006). L'utilisation de celui-ci pour détecter les vaches atteintes d'infections intra-mammaires durant la mise au tarissement, pourrait donc être utilisé dans les élevages non-membres du contrôle laitier.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive et la valeur prédictive négative de ce test en le comparant aux 3 derniers taux cellulaires du contrôle laitier avant le tarissement. Si le test est suffisamment sensible, il pourrait être réalisé avant le tarissement dans ces élevages pour évaluer si l'administration d'antibiotique est nécessaire ou non.

4.2 Matériel et méthode :

4.2.1 Sélection des troupeaux :

Dans le cadre de cette étude, cinq troupeaux wallons ont été sélectionnés. Les troupeaux sélectionnés sont membres du contrôle laitier. Cela a permis d'avoir accès aux données sur les taux cellulaires individuels de trois derniers contrôles laitiers réalisés avant le tarissement. Les 5 élevages sélectionnés ont un taux cellulaire du tank supérieur à 250 000 cellules/ml. L'objectif est de représenter au maximum les élevages wallons. Une grande majorité d'entre eux ont un taux cellulaire supérieur à 250000 cellules/ml (Arsia et al., 2022).

En ce qui concerne le management et la traite, dans chaque troupeau, les vaches logent dans des stabulations libres avec des logettes et ne sortent pas. La traite se réalise en salle de traite dans chacun des troupeaux.

4.2.2 Sélection des vaches :

Les vaches ayant participé à cette étude sont des vaches qui ont été taries entre le 15 avril 2023 et le 02 juin 2023. Mise à part le fait que ces vaches entraient en tarissement, aucun autres critères de sélection a été appliqué.

4.2.3 Récolte des échantillons :

Le Californian Mastitis Test a été réalisé le jour de la mise au tarissement pour chaque vache ayant participé à l'étude. Dans chaque élevage, le test a été réalisé par l'éleveur. Chaque

éleveur a reçu au préalable, un document décrivant les étapes d'utilisation : nettoyage des trayons et éjections des premiers jets, récolte d'échantillon de lait dans chaque godet de la palette de CMT, vidange du lait trop plein, ajout d'un volume de réactif CMT égal au volume de lait présent dans chaque godet, mélange. Le document contenait également les différentes interprétations possibles du test CMT que l'on retrouve sur la Figure 2. Ce document a été réalisé dans le but d'avoir un usage et une interprétation plus ou moins identiques dans chaque élevage. Des tableaux ont été fournis pour permettre aux éleveurs d'enregistrer facilement les données des tests réalisés.

Afin d'avoir accès aux données concernant le taux cellulaire, les documents des contrôles laitiers ont été fournis par les éleveurs. Dans chaque élevage, les contrôles sont réalisés par un contrôleur agréé avec un intervalle de plus ou moins 6 semaines entre chaque contrôle.

4.2.4 Analyse des données :

Les résultats du CMT seront comparés aux taux cellulaires individuels des trois derniers contrôles laitiers avant le tarissement. Dans cette étude, le taux cellulaire est considéré comme le test de référence. Le taux cellulaire a été choisi comme test de référence car celui-ci fait partie des critères de mise en place du tarissement sélectif au niveau individuel en Belgique. En effet, parallèlement à son historique de mammites cliniques, une vache doit avoir un taux cellulaire inférieur à 200 000 cellules par millilitres durant les 3 derniers contrôles laitiers avant le tarissement (Bradley et al., 2018; AMCRA, 2021). De plus, les élevages sélectionnés pour cette étude sont membres du contrôle laitier, ce qui facilite l'accès à ses données.

Afin de faciliter la comparaison, les résultats du CMT qui donnent un score par quartier seront attribués au niveau de la vache. Autrement dit, si l'un des quartiers a un score supérieur à 1, la vache sera considérée comme positive au test CMT. Il en va de même pour les taux cellulaires. Si l'un des trois derniers contrôles laitiers avant le tarissement a un taux cellulaire supérieur à 200 000 cellules, la vache sera considérée comme positive.

Pour chaque élevage, les données des tests CMT recueillies auprès de l'éleveur ainsi que les données du contrôle laitier concernant le taux cellulaire, ont été retranscrites dans un tableau Excel pour pouvoir les comparer. La comparaison des résultats CMT avec le taux cellulaire, qui est considéré comme le test de référence dans cette étude, permet d'identifier si les

différents résultats des tests CMT sont des vrais positifs, des vrais négatifs, des faux positifs ou des faux négatifs.

Ensuite, la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive et la valeur prédictive négative ont été calculées grâce à une table de contingence. Dans ce cas, la sensibilité du CMT est la capacité d'un test CMT à détecter une vache malade lorsqu'elle est considérée comme malade par l'analyse du taux cellulaire. La spécificité du test CMT est la capacité à détecter une vache non malade lorsqu'elle est considérée comme non malade par le test de référence. Les valeurs prédictives positive et négative sont également calculées. Elles permettent d'évaluer la performance du Californian Mastitis Test. Dans le cadre de cette étude, la valeur prédictive négative a une plus grande importance car c'est la proportion de vaches considérées comme saines, qui le sont vraiment. Une grande VPN permet de diminuer le taux de faux négatifs, c'est-à-dire les vaches qui nécessitent un traitement antibiotique au tarissement mais qui sont diagnostiquées comme saines par le CMT.

4.3 Résultats de l'étude :

Sur les 5 élevages sélectionnés, seul 3 d'entre eux ont participé à l'étude. En effet, parmi les 2 autres élevages sélectionnés, l'un d'entre eux a souhaité mettre fin à sa participation à l'étude par manque de temps et l'autre élevage a malheureusement égaré le tableau avec les différents données des CMT réalisés. Au total, 17 vaches de race Holstein ont participé à cette étude. Parmi ces 17 vaches, 10 vaches provenait de l'élevage numéro 1, 3 vaches de l'élevage numéro 2 et 4 vaches de l'élevage numéro 3.

La comparaison des résultats du test CMT effectué à la mise au tarissement avec le taux cellulaire des 3 derniers contrôles laitiers se trouvent dans le Tableau I. En tenant compte que le test CMT était considéré comme positif lorsqu'au moins un des quatre quartiers de la vache présentait un score CMT supérieur ou égale à 1. Et que le test diagnostic de référence dans cette étude, c'est-à-dire le taux cellulaire était considéré comme positif lorsqu'au moins un des 3 derniers contrôles laitiers était supérieur ou égale à la valeur seuil, 200000 cellules/ml.

Tableau III: Résultats et comparaison des résultats du Californian Mastitis Test réalisé à la mise au tarissement et du taux cellulaire lors des 3 derniers contrôles laitiers avant le tarissement

Vaches	SCORE CMT AD	SCORE CMT AG	SCORE CMT PD	Score CMT PG	Taux cellulaire -2	Taux cellulaire -1	Taux cellulaire dernier contrôle avant tarissement	Taux cellulaire + ou -	SCORE CMT Vache + ou -	VN/VP/FN/FP?
1	0	1	1	1	140 000	570 000	220 000	+	+	VP
2	0	0	0	0	30 000	50 000	20 000	-	-	VN
3	0	0	2	2	50 000	80 000	200 000	+	+	VP
4	0	0	0	0	30 000	20 000	50 000	-	-	VN
5	0	0	0	0	20 000	40 000	20 000	-	-	VN
6	0	1	0	0	40 000	30 000	80 000	-	+	FP
7	0	0	0	0	30 000	20 000	340 000	+	+	FN
8	0	1	0	1	90 000	550 000	510 000	+	+	VP
9	0	0	0	0	40 000	20 000	30 000	-	-	VN
10	0	1	1	0	60 000	4 890 000	1 320 000	+	+	VP
11	0	0	0	0	20 000	40 000	60 000	-	-	VN
12	0	1	0	0	310 000	190 000	300 000	+	+	VP
13	0	0	0	0	40 000	110 000	30 000	-	-	VN
14	0	0	2	0	150 000	180 000	260 000	+	+	VP
15	0	0	0	0	290 000	150 000	100 000	-	-	FN
16	0	0	0	0	30 000	40 000	40 000	-	-	VN
17	0	0	0	0	40 000	70 000	200 000	+	+	FN

Tableau I: Tableau indiquant les dates de réalisation des tests CMT et des trois derniers contrôles laitiers avant le tarissement

Vache	Date réalisation CMT	Date Test taux cellulaire dernier contrôle avant tarissement	Date Test taux cellulaire -1	Date test taux cellulaire -2
1 à 5	8-mai	4/04/23	16-févr	17-janv
6 à 10	30-mai	16-mai	4-avr	16-févr
11 à 13	25-mai	17-mai	12-avr	2-mars
14 à 17	31-mai	10-mai	16-mars	8-févr

Il y a donc au total 6 vrais positifs, 3 faux négatifs, 7 vrais négatifs et 1 faux positif. Ces valeurs ont été intégrées dans une table de contingence pour calculer la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive négative (VPN) et la valeur prédictive positive (VPP).

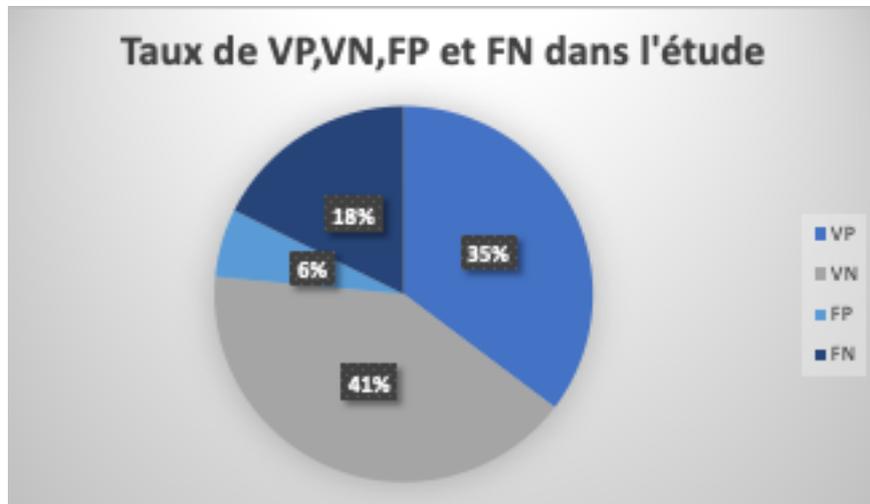


Figure 5: Graphique circulaire représentant le taux de résultat vrai positif, vrai négatif, faux positif et faux négatif résultant de la comparaison des résultats du test CMT avec le taux cellulaire de chaque vache de l'échantillon.

Tableau IV: Table de contingence permettant de calculer la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive négative (VPN) et la valeur prédictive positive (VPP) du Californian Mastitis Test pour identifier les infections intra-mammaires à la mise au tarissement.

		Taux cellulaire		Prévalence
		Malades	Non-malades	0,529411765
Californian Mastitis Test	Positif	6	1	0,857142857
	Négatif	3	7	0,7
		0,666666667	0,875	

Sensibilité	0,666666667
Spécificité	0,875
Valeur prédictive posi	0,857142857
Valeur prédictive nég	0,7
Prévalence	0,529411765

Dans cette étude, la sensibilité du test CMT était de 0,67 et la spécificité était de 0,875. La VPP était de 0,875 et la VPN de 0,7.

5 Discussion Générale :

Avec l'émergence des bactéries résistantes aux antibiotiques, il y a un accroissement de la pression pour réduire l'usage d'antibiotique au sein des exploitations laitières (Niemi et al., 2020; Ferreira et al., 2022). La mise en place d'une alternative au tarissement avec usage systématique d'antibiotique était essentielle car une grande majorité des antibiotiques utilisés dans les exploitations laitières sont des antibiotiques intra-mammaires administrés durant le tarissement (AMCRA, 2021).

De ce fait, la mise en œuvre du tarissement sélectif consiste à traiter uniquement les vaches atteintes d'une infection intra-mammaire à la mise au tarissement (Vanhoudt et al., 2018; Niemi et al., 2020; Ferreira et al., 2022). L'efficacité de celui-ci repose sur une détection optimale des vaches infectées. Une détection optimale nécessite des tests diagnostics avec un grande sensibilité pour minimiser le taux de faux négatif et donc de minimiser le taux de traitement raté. La valeur prédictive négative et la spécificité d'un test diagnostic sont également des paramètres importants pour juger celui-ci.

Dans cette expérimentation, nous avons évalué si le Californian Mastitis Test est un outil diagnostic adéquat pour déterminer si une vache a besoin d'un traitement antibiotique ou non à la mise au tarissement. La sensibilité du CMT a d'abord été examinée. C'est la capacité d'un test CMT à détecter une vache malade lorsque celle-ci est considérée comme malade par l'analyse du taux cellulaire. La sensibilité du Californian Mastitis Test est importante car c'est une situation de dépistage et il faut éviter de manquer des vaches infectées qui nécessitent un traitement antibiotique. La sensibilité du CMT dans cette étude est de 0,67. Cette valeur est légèrement supérieure aux valeurs de sensibilité évaluées dans quelques études similaires. (Sargeant et al., 2001; Middleton et al., 2004). Par contre, celle-ci se rapproche de la sensibilité de l'étude de (Sanford et al., 2006) et est inférieure à la sensibilité de l'étude de (Bhutto et al., 2012). Ces différences de sensibilité peuvent être expliquées par la grande subjectivité concernant la détection et l'interprétation des résultats lors de la réalisation du test CMT. En effet, les éleveurs qui ont participé à cette étude, ont reconnu avoir eu des difficultés pour interpréter les résultats du CMT malgré le document explicatif qui a été fourni au préalable.

Cela atteste que la sensibilité des éleveurs pour détecter des infections intra-mammaires avec le CMT est faible (Swinkels et al., 2021). La sensibilité du test CMT varie également en fonction des pathogènes impliqués dans les mammites. En effet, celle-ci augmente quand ce sont des pathogènes majeurs impliqués dans les mammites (Sargeant et al., 2001). La sensibilité du Californian Mastitis Test dans cette étude est également affectée par l'intervalle de temps entre la réalisation du CMT à la mise au tarissement et les trois contrôles laitiers réalisés avant le tarissement. Cet intervalle, plus ou moins long, affecte surtout la détection de mammites aiguës. Les mammites aiguës telles que les mammites à *Escherichia Coli* induisent une réaction inflammatoire très importante avec une augmentation très importante du taux cellulaire. Cependant, cette augmentation du taux cellulaire est très courte car l'infection par *Escherichia Coli* est éliminée rapidement (Schukken et al., 2003). Par conséquent, si une vache a une infection intra-mammaire aiguë au cours d'un des trois derniers contrôles laitiers avant le tarissement, celle-ci aura le temps de guérir si l'intervalle entre ce contrôle et le test CMT au tarissement est plus ou moins grand. L'intervalle de temps entre les contrôles laitiers et la réalisation du test CMT est donc une source de biais. Celle-ci est moins prononcée en cas d'infections chroniques car elles induisent une augmentation du taux cellulaire sur un plus long terme (Schukken et al., 2003).

La spécificité du test CMT est la capacité à détecter une vache non malade lorsqu'elle est considérée comme non malade par le test de référence. Dans ce cas, la spécificité est moins importante que la sensibilité car le but principal est de détecter les vaches infectées qui nécessitent un traitement antibiotique. Cependant il faut éviter qu'elle ne soit trop faible pour limiter le taux de faux positifs car cela pourrait avoir des répercussions économiques car les vaches considérées comme malades suscitent une augmentation du temps de travail ainsi qu'une administration d'antibiotique non-requise (Sargeant et al., 2001). De plus, l'usage d'antibiotique a des conséquences sur la santé publique avec l'émergence de résistances (Arsène et al., 2022). La spécificité du CMT dans cette étude est supérieure aux valeurs de spécificité mises en évidence dans des études semblables (Sargeant et al., 2001; Middleton et al., 2004; Sanford et al., 2006; Bhutto et al., 2012).

La valeur prédictive négative est la proportion d'animaux testés négatifs qui sont vraiment négatifs ou non-malades. Dans ce cas, la VPN est de 0,7, ce qui est comparable à la VPN de (Bhutto et al., 2012). Il est impératif qu'un test diagnostique ait une VPN élevée pour éviter au maximum de passer à côté d'individus malades qui nécessitent un traitement. Dans cette

étude, il y a donc 30% des vaches considérées comme négatives par le test CMT tandis qu'elles nécessitent un traitement antibiotique. Dans les élevages non-adaptés au tarissement sélectif avec une prévalence d'infection intra-mammaire importante, la VPN sera faible (Sargeant et al., 2001).

Néanmoins, cette étude comporte certaines limites. Tout d'abord, le taux de participation à l'étude est insuffisant et cette étude pourrait donc ne pas refléter la réalité. Il conviendrait de réaliser cette étude à plus grande échelle afin de la comparer à nos résultats. De plus, les élevages sélectionnés ont un taux cellulaire du tank supérieur à 250 000 cellules/ml pour représenter la majorité des élevages wallons. Or, pour pouvoir mettre en place un tarissement sélectif individuel dans une exploitation, il faut que cette exploitation ait un taux cellulaire de tank inférieur à 250 000 cellules/ml au moins 4 fois sur les 6 derniers mois (Bradley et al., 2018; AMCRA, 2021). Il serait intéressant d'évaluer la sensibilité, la spécificité et surtout la valeur prédictive négative dans des élevages ayant un taux cellulaire du tank sous 250 000 cellules/ml afin d'observer comment ceux-ci évoluent dans des élevages avec une plus faible prévalence. Ensuite, le fait d'avoir une personne distincte dans chaque élevage pour réaliser les tests CMT augmente la subjectivité des résultats car ils peuvent avoir des pratiques et des interprétations différentes. Et enfin, les pathogènes impliqués dans les mammites peuvent être différents d'un élevage à l'autre. Il conviendrait de compléter cette étude par la réalisation d'une culture bactériologique en même temps que le CMT. Cette culture permettrait de voir l'impact des différents pathogènes sur l'interprétation du CMT.

6 Conclusion:

Le but de cette étude était d'évaluer si le Californian Mastitis Test était un outil diagnostic optimal pour détecter les vaches nécessitant un traitement antibiotique au tarissement. Son utilisation permettrait aux exploitations laitières non-membres du contrôle laitier, de mettre en place le tarissement sélectif. Dans cette étude, la sensibilité du CMT pour détecter les vaches atteintes d'infections intra-mammaires était de 67% et la spécificité de 87,5%. La valeur prédictive négative est quant à elle de 70%. C'est une valeur importante car ça veut dire que 30% des vaches qui sont considérées comme négatives, sont infectées et nécessitent un traitement antibiotique. L'utilisation du CMT pour détecter les vaches requérant un

traitement antibiotique au tarissement peut donc être un risque d'augmentation de l'incidence de mammites cliniques en post-partum.

En sachant que la VPN est dépendante de la prévalence d'infection intra-mammaire, il serait intéressant d'évaluer la VPN ainsi que la sensibilité et la spécificité du CMT dans des élevages à faible prévalence d'infection intra-mammaire. Cette étude pourrait également être complétée par la réalisation d'une culture bactérienne en même temps que le CMT pour évaluer l'impact des différents pathogènes sur l'interprétation du CMT.

7 Références :

- 1) AMCRA, 2021. UTILISATION RAISONNÉE DES ANTIBIOTIQUES AU TARISSEMENT CHEZ LA VACHE LAITIÈRE EN BELGIQUE.
- 2) Arsène, M.M.J., Davares, A.K.L., Viktorovna, P.I., Andreevna, S.L., Sarra, S., Khelifi, I., Sergueïevna, D.M., 2022. The public health issue of antibiotic residues in food and feed: Causes, consequences, and potential solutions. *Vet World* 15, 662–671. doi:10.14202/vetworld.2022.662-671
- 3) Arsia, Eleveo, Reding, E., 2022. Tarir Malin Un nouvel outil pour raisonner l'antibiothérapie au tarissement des vaches laitières.
- 4) Ashraf, A., Imran, M., 2020. Causes, types, etiological agents, prevalence, diagnosis, treatment, prevention, effects on human health and future aspects of bovine mastitis. *Anim. Health. Res. Rev.* 21, 36–49. doi:10.1017/S1466252319000094
- 5) Bacanlı, M., Başaran, N., 2019. Importance of antibiotic residues in animal food. *Food and Chemical Toxicology* 125, 462–466. doi:10.1016/j.fct.2019.01.033
- 6) Barnum, D.A., Newbould, F.H.S., 1961. The Use of the California Mastitis Test for the Detection Of Bovine Mastitis. *Can Vet J* 2, 83–90.
- 7) Bhutto, A.L., Murray, R.D., Woldehiwet, Z., 2012. California mastitis test scores as indicators of subclinical intra-mammary infections at the end of lactation in dairy cows. *Research in Veterinary Science* 92, 13–17. doi:10.1016/j.rvsc.2010.10.006
- 8) Biggs, A., 2017. Update on dry cow therapy 1. antibiotic v non-antibiotic approaches. *In pract.* 39, 328–333. doi:10.1136/inp.j3107

- 9) Biggs, A., Barrett, D., Bradley, A., Green, M., Reyher, K., Zadoks, R., 2016. Antibiotic dry cow therapy: where next? *Veterinary Record* 178, 93–94. doi:10.1136/vr.i338
- 10) Bradley, A., De Vliegher, S., Farre, M., Jimenez, L.M., Peters, T., De Leemput, E.S., Van Werven, T., 2018. Pan-European agreement on dry cow therapy. *Veterinary Record* 182, 637–637. doi:10.1136/vr.k2382
- 11) Bradley, A.J., Green, M.J., 2004. The importance of the nonlactating period in the epidemiology of intramammary infection and strategies for prevention. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20, 547–568. doi:10.1016/j.cvfa.2004.06.010
- 12) Cheng, W.N., Han, S.G., 2020. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review. *Asian-Australas J Anim Sci* 33, 1699–1713. doi:10.5713/ajas.20.0156
- 13) Dingwell, R.T., Kelton, D.F., Leslie, K.E., 2003. Management of the dry cow in control of peripartum disease and mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 19, 235–265. doi:10.1016/S0749-0720(02)00072-5
- 14) Dingwell, R.T., Leslie, K.E., Schukken, Y.H., Sargeant, J.M., Timms, L.L., Duffield, T.F., Keefe, G.P., Kelton, D.F., Lissemore, K.D., Conklin, J., 2004. Association of cow and quarter-level factors at drying-off with new intramammary infections during the dry period. *Preventive Veterinary Medicine* 63, 75–89. doi:10.1016/j.prevetmed.2004.01.012
- 15) Dufour, S., Fréchette, A., Barkema, H.W., Mussell, A., Scholl, D.T., 2011. Invited review: Effect of udder health management practices on herd somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 94, 563–579. doi:10.3168/jds.2010-3715
- 16) Ferreira, F.C., Martínez-López, B., Okello, E., 2022. Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Preventive Veterinary Medicine* 206, 105709. doi:10.1016/j.prevetmed.2022.105709
- 17) Gomes, F., Henriques, M., 2016. Control of Bovine Mastitis: Old and Recent Therapeutic Approaches. *Curr Microbiol* 72, 377–382. doi:10.1007/s00284-015-0958-8
- 18) Guyot, H., Bossaert, P., Eppe, J., Frisée, V., Lagamme, C., Rollin, F., 2019. MEDECINE DE TROUPEAU.

- 19) Heikkilä, A.-M., Niemi, R.E., Rajala-Schultz, P.J., 2022. Economic perspectives on blanket and selective dry cow therapy. *AFSci*. doi:10.23986/afsci.119927
- 20) Hovinen, M., Aisla, A.-M., Pyörälä, S., 2006. Accuracy and reliability of mastitis detection with electrical conductivity and milk colour measurement in automatic milking. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 56, 121–127. doi:10.1080/09064700701216888
- 21) Inzaghi, V., Zucali, M., Thompson, P.D., Penry, J.F., Reinemann, D.J., 2021. Changes in electrical conductivity, milk production rate and milk flow rate prior to clinical mastitis confirmation. *Italian journal of animal science* 20, 1554–1561. doi:https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1984852
- 22) Kelly, A.L., Leitner, G., Merin, U., 2018. Milk Quality and Udder Health: Test Methods and Standards, in: *Reference Module in Food Science*. Elsevier, p. B9780081005965009000. doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.00951-3
- 23) Lam, T., Olde Riekerink, R., Sampimon, O., Smith, H., 2009. Mastitis diagnostics and performance monitoring: a practical approach. *Ir Vet J* 62, S34–S39. doi:10.1186/2046-0481-62-S4-S34
- 24) Middleton, J.R., Hardin, D., Steevens, B., Randle, R., Tyler, J.W., 2004. Use of somatic cell counts and California mastitis test results from individual quarter milk samples to detect subclinical intramammary infection in dairy cattle from a herd with a high bulk tank somatic cell count. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 224, 419–423. doi:10.2460/javma.2004.224.419
- 25) Niemi, R.E., Vilar, M.J., Dohoo, I.R., Hovinen, M., Simojoki, H., Rajala-Schultz, P.J., 2020. Antibiotic dry cow therapy, somatic cell count, and milk production: Retrospective analysis of the associations in dairy herd recording data using multilevel growth models. *Preventive Veterinary Medicine* 180, 105028. doi:10.1016/j.prevetmed.2020.105028
- 26) Oliver, S.P., Sordillo, L.M., 1989. Approaches to the Manipulation of Mammary Involution. *Journal of Dairy Science* 72, 1647–1664. doi:10.3168/jds.S0022-0302(89)79277-8
- 27) Plummer, P.J., Plummer, C., 2012. Diseases of the Mammary Gland, in: *Sheep and Goat Medicine*. Elsevier, pp. 442–465. doi:10.1016/B978-1-4377-2353-3.10015-0
- 28) Ruegg, P.L., Reinemann, D.J., 2002. Milk Quality and Mastitis Tests.

- 29) Sanford, C.J., Keefe, G.P., Sanchez, J., Dingwell, R.T., Barkema, H.W., Leslie, K.E., Dohoo, I.R., 2006. Test characteristics from latent-class models of the California Mastitis Test. *Preventive Veterinary Medicine* 77, 96–108. doi:10.1016/j.prevetmed.2006.06.006
- 30) Sargeant, J.M., Leslie, K.E., Shirley, J.E., Pulkrabek, B.J., Lim, G.H., 2001. Sensitivity and Specificity of Somatic Cell Count and California Mastitis Test for Identifying Intramammary Infection in Early Lactation. *Journal of Dairy Science* 84, 2018–2024. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74645-0
- 31) Schalm, O. W. 1957. Experiments and observations leading to development of the California Mastitis Test. *Journal of American Vet Med Assn.*, 130, 199-204.
- 32) Scherpenzeel, C.G.M., Tijds, S.H.W., Den Uijl, I.E.M., Santman-Berends, I.M.G.A., Velthuis, A.G.J., Lam, T.J.G.M., 2016. Farmers' attitude toward the introduction of selective dry cow therapy. *Journal of Dairy Science* 99, 8259–8266. doi:10.3168/jds.2016-11349
- 33) Schukken, Y.H., Wilson, D.J., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L., Gonzalez, R.N., 2003. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Vet. Res.* 34, 579–596. doi:10.1051/vetres:2003028
- 34) Swinkels, J.M., Leach, K.A., Breen, J.E., Payne, B., White, V., Green, M.J., Bradley, A.J., 2021. Randomized controlled field trial comparing quarter and cow level selective dry cow treatment using the California Mastitis Test. *Journal of Dairy Science* 104, 9063–9081. doi:10.3168/jds.2020-19258
- 35) Van Soest, F.J.S., Santman-Berends, I.M.G.A., Lam, T.J.G.M., Hogeveen, H., 2016. Failure and preventive costs of mastitis on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science* 99, 8365–8374. doi:10.3168/jds.2015-10561
- 36) Vanhoudt, A., Van Hees-Huijps, K., Van Knegsel, A.T.M., Sampimon, O.C., Vernooij, J.C.M., Nielen, M., Van Werven, T., 2018. Effects of reduced intramammary antimicrobial use during the dry period on udder health in Dutch dairy herds. *Journal of Dairy Science* 101, 3248–3260. doi:10.3168/jds.2017-13555
- 37) Viguier, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., O’Kennedy, R., 2009. Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in Biotechnology* 27, 486–493. doi:10.1016/j.tibtech.2009.05.004

38) White, D.G., McDermott, P.F., 2001. Emergence and Transfer of Antibacterial Resistance. *Journal of Dairy Science* 84, E151–E155. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)70209-3